

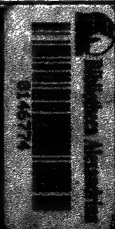
المسح الهندسي

تحليل نظري ومسائل امتحانية للطلاب

الجزء الثاني

تأليف
و. سكوفيلد

تعريب
رياضة شعاب



المصحح الهندسي

تحليل نظري ومسائل امتحانية للطلاب

الجزء الثاني

تأليف

و . سكوتلاند

تعريب

وبالفي شعان

عضو مشارك في جمعية المهندسين المدنيين البريطانية

مدرس في قسم المساحة بمعهد تكنولوجيا بغداد سابقا

الطبعة الاولى

١٩٩٠

اهداء

الى من وقفت بجانبى وكانت

العين ... زوجتي

رياض

مقدمة المؤلف

تشمل الاصدار الثانية هذه من كتاب المسح الهندسي - الجزء الثاني تلك الجوانب من موضوع المساحة الاكثر تقدما والتي تكون عادة ضمن مناهج السنة الاخيرة لدراسة البكلوريوس او الدبلوم في الهندسة . وقد تم اختيار عدد كبير من الامثلة المحلولة باعتناء ووضعت في نهاية كل موضوع خلال الفصل الواحد وذلك لتقوية الفهم السليم للافكار المتضمنة . وفي اخر كل فصل تم وضع تمارين للطلاب كاملة مع الاجابات لأغراض الدراسة البيتية .

لقد تم توسيع الفصل الاول كثيرا لأجل اعطاء معالجة مسهية لدراسة الاخطاء في قراءات اعمال المساحة وتأثير تركيبها مع بعضها وانتشارها والطرق المختلفة المستخدمة لاعطاء نتيجة مقبولة احصائيا . فيبدأ الفصل الأول بوصف الأخطاء المتضمنة وتوزيعها والطرق الاحصائية المختلفة المستخدمة في معالجتها . من ثم ينتقل العمل الى تطبيق قاعدة المربعات الصغرى Least Square في التعديل وفي تحليل قوة شبكات الضبط . وقد تم التعامل مع التحليل النظري والتطبيقات باستخدام كلا الجبر الكلاسيكي وجبر المصفوفة ، كما تمت تغطية مواضيع متعددة مثل وزن وحدة التباين Unit Variance Weighting واختيار افضل الشبكات والتحليلات ما قبل المسح Pre-Survey Analysis . وأعطى اخيرا مثال محلول بشكل كامل عن التعديل وتحليل القوة لشبكة ضبط مختارة لأجل تسهيل فهم النظرية .

وحيث ان الفصل الثاني من الكتاب مختص بمسوحات الضبط Control Surveys فانه يغطي اشكالا واسعة من المواضيع المتعلقة بالطرق الاساسية لتعيين الموقع ، وقد تضمن هذا الفصل ضمن المعالجات : التقاطع الخلفي Resection والتقاطع Intersection والتسوية المثلثية Trigonometric Levelling ونظرية معاملات القياس Scale Factors وتطبيقاتها وتقارب خطوط الزوال (خطوط الطول) Convergence of Meridians وتصحيحات ($\lambda - \tau$) ...والخ . كما تنصح اهمية قياس المسافة الكهرومغناطيسيا بجلاء من خلال المعالجة المسهية التي تحضها .

اما الفصل الثالث فهو يعالج المبادئ المربضة للمسح التصويري الجوي والارضي بما يفيد المهندس الذي يعمل ان يكون مستخدما للمنتج النهائي اكثر من أن يكون

مطبعا للتقنية ، والى هذا الحد تم بحث النظرية الاولى وطرق الحصول على تفاصيل ثلاثية الابعاد (مجسمة) من الصور الجوية . وعليه فان هذا الاسلوب لا يمكن المهندس من استخدام التقنيات فحسب (عندما يتطلب الامر ذلك) وانما يعطى تمهيدا وفهما عميقا للموضوع . كما أنه يمكن القارئ من استيعاب الملاحظات المطلوبة في اعمال التصوير الجوي الشاقولي والتي تم ادراجها بالكامل في نهاية الفصل .

ان الفصل الرابع يبحث في تطبيق علم الفلك الحقل في تعيين الموقع وبذلك يعرف القارئ على المثلثات الكروية وتطبيقاتها على حالات هندسية معينة . ونظراً للصعوبة التي يعانيها الطلاب في فهم فكرة الوقت فقد أُطيل البحث بهذا الموضوع باستخدام مبدأ مخططات الساعة Clock Diagrams البسيط .

لقد عني خلال العرض بالتركيز على الفهم التوعوي والمدرک للمبادئ الاساسية للمادة .

يفترض ان يكون هذا الكتاب مفيدا الى الفنانين وطلبة الجامعات في اقسام المساحة والهندسة المدنية وهندسة المناجم وهندسة البلديات اضافة الى اولئك الذين يدرسون لتأدية امتحانات مهنية مختلفة والتي تشمل هذا الموضوع .

تشكرات

اقدم امتناني الى مجلس جامعة لندن (LU) وپوليتكنيك كنتزتون (KP) وجمعية المهندسين المدنيين البريطانية (ICE) لسماحهم لي بادراج الأسئلة الموضوعة في امتحاناتهم .

ويلفريد سكولفيلد

مقدمة المحرر

يسرني أن أقدم الى القارئ العربي الكريم هذه الطبعة الاولى للجزء الثاني مسن كتاب « المسح الهندسي / تحليل نظري وسائل امتحانية للطلاب » وهو الكتاب المكمل للجزء الاول الصادر باللغة العربية .

يشمل هذا الجزء تلك الجوانب لاكثر تقدما من موضوع المساحة والمسح الهندسي والتي تقع عادة ضمن مناهج السنة الاخيرة لدراسة البكالوريوس او الدبلوم فسي اختصاصات الهندسة المدنية والمساحة والري والطرق والتعدين . وهكذا امل بأن الكتاب سيد جزاء ولو صغيراً من الفراغ الكبير في المكتبة العربية في هذا الاختصاص ليستفيد منه الباحث والممارس للمهنة على حد سواء .

لقد أثبتت الارقام عربية الاصل 1 , 2 , 3 ... كما أثبتت الحروف اللاتينية A و B و C و .. والحروف الاغريقية α و β و γ و .. المستخدمة كرموز في المعادلات وتوضيح الاشكال لتسهيل الربط مع بقية المصادر العالمية . كذلك أقيمت تسميات النسب المثلثية بلغتها الاصلية وأبقي الاتجاه الاصلي للمعادلات (من اليسار الى اليمين) لجمعها سلسة وسهلة المتابعة . كذلك فقد أبقي موقع الأشارة (+ و - و \times و \div) بموقعها الاصلي الى يسار المقدار دائما اينما وردت في الكتاب توخيا للدقة وتحاشيا للغموض . عندما نرد التماير الاجنبية بين قوسين فهي تقرأ " من اليسار الى اليمين . وقد وضعت الكتابة العربية بين قوسين عندما اقتضى ادخالها في معادلة اتجاهها من اليسار الى اليمين .

بالنظر لتنوع التسميات في مصادر علم المساحة في الدول العربية المختلفة فقدس دأبت على ذكر المصطلح الاجنبي الى جانب التسمية العربية اينما كان ذلك مفيدا ، اضافة الى جداول أعدت بالرموز والمصطلحات في نهاية الكتاب لتكون مرجعا يمكن العودة اليها بسهولة .

واذ اني أقدم الكتاب الى المختص والطالب معا فأنا ارجو السادة المختصين بيان ملاحظاتهم الكريمة للاخذ بها مستقبلا . والله ولي التوفيق .

رباعي شعبان

المحتويات

الصحيفة

الفصل

1

الأخطاء والتصحيحات

الاول

تصنيف الأخطاء، تعاريف أخرى، الاحتمال، مؤشرات الدقة، الوزن، رفض القيم الشاذة، توزيع (χ^2) للطالب، توزيع (F)، توزيع مربع كاي، تركيب الأخطاء، تعديل الأخطاء بطريقة المربعات الصغرى، تفسير الاحداثيات، تحليل القوة، التحليل ما قبل المسح، اختيار افضل الشبكات

81

مسوحات الضبط

الثاني

التثليث بقياس الزوايا، قياس المسافة الكرومغناطيسيا، تعديل الشكل بالازاحات المتساوية، المحطات التامسة (الاعمدة الصناعية)، التقاطع والتقاطع الخلفي، التثليث بقياس الامتداد، التضلُّع، التوبة المثلثية، السطح الكروي، الحسابات على السطح الكروي، انشاء متوازيات خطوط العرض، الاسقاط الميركاتوري العرضي (TMF)، المشبك الوطني، معاملات المقياس، اقتراب خطوط الزوال، تصحيح (1-2)

181

المسح التصويري الجوي

الثالث

عملية التصوير، الابعاد الهندسية للصورة الجوية، الضبط الارضي، التخطيط لعملية الطيران، رسم الخطوط القطرية، تركيبة القالب الرقمي المخرم، عملية المشاهدة التجسيمية، متطلبات التعديل، الموازيك وخرائط المسور المتنامدة، مواصفات التصوير الجوي الشاقولي، تطبيقات المسح التصويري في الاعمال الهندسية، المسح التصويري الارضي .

الملتئات الكروية، تعاريف لمصطلحات علم الفلك،
 الوقت في علم الفلك، تصحيحات القراءة والاجهزة ،
 طرق ايجاد خط العرض، تعيين السم، خطوط الموقع.

الأخطاء والتصحيحات

المهمة الأساسية في اعمال المساحة هي تحقيق الضبط بثلاثة ابعاد، ويتم التوصل الي ذلك عادة من خلال القياسات الطولية LINEAR والزواوية ANGULAR، وكذا قياسات الابد ان تحوي اخطاء، وعليه تستخدم الوسائل الاحصائية، ليس فقط لتوزيع هذه الاخطاء، وانما لتقدير اعتماد القيمة المستخدمة الاخيرة ضمن حدود ثقة معينة.

1-1 تصنيف الأخطاء CLASSIFICATION OF ERRORS

(1) الأخطاء MISTAKES، وتدعى احيانا الأخطاء الكبيرة GROSS ERRORS، ويجب ان لا تصنف الأخطاء كـ أخطاء بتاتا حيث ان الأخطاء تكون ناجمة غالباً عن تعب المساح او قلة خبرته، وكما مثله نموذجية على ذلك حذف طول شريط قياس بالكامل عند قياس مسافة معينة، وقراءة الرقم 9 على مسطرة مساحة بدلا من الرقم 6 والعكس بالعكس. ويكون نشوء الأخطاء اكثر احتمالا من نشوء الأخطاء وعليه يجب اتخاذ الحيلة القوية لتجنبها.

(2) الأخطاء النظامية SYSTEMATIC ERRORS، التي يمكن ان تكون ثابتة او متغيرة خلال عملية مسح معينة، وتعرف هذه الأخطاء عادة الى ظروف معروفة، ويمكن احتساب قيمها ومن ثم تعديل الكميات المقاسة بموجيها. فبممكن ان تكون هذه الأخطاء نتيجة ظروف طبيعية، وكما مثله على ذلك انكسار الاشعة الضوئية وتغير سرعة الموجات الكهرومغناطيسية في الفضاء وتمدد او تقلص اشرطة القياس الحديدية نتيجة تغير درجات الحرارة. وفي كل هذه الحالات يمكن تطبيق التصحيحات لتقليل تأثيراتها. كذلك يمكن لكذا اخطاء ان تنجم بسبب الازمنة، وكما مثله على ذلك سوء تعبير الزوايا او المناسبات وخطا المؤشر في موازين النابض وعجز البلورات في معدات قياس المسافة الاليكترومغناطيسية (EDM).

هنالك الأخطاء الشخصية للرامد الذي يمكن ان يكون معيبا في عينه مما يجعله يكتب المايكروميتر خطأ ، او بقطاع الهدف او غير ذلك خطأ ، وغالبا ما تعوض هذه الأخطاء بعضها بعضا، كمثال الراصد الذي يثبت المايكروميتر واطلا عند قراءته اتجاه زاوي معين والذي غالبا ما سبخت المايكروميتر واطلا ايضا عند قراءته الاتجاه الزاوي التالي ، وهكذا فالزاوية الناتجة ستكون صحيحة.

تفرض الاخطاء النظامية عموما الى القوانين الرياضية والفيزيائية، وهكذا يمكن احتساب وتطبيق التصحيحات الملائمة لها لتقبل تأثيراتها. مع ذلك فبشكل قبيح إذا استندت تأثيرات الاخطاء النظامية بالكامل نهائيا، وهذا يعزى الى حد كبير الى عدم إمكانية الحصول على قياسات دقيقة للكميات الداخلة، وكأمثلة نموذجية على ذلك؛ صعوبة الحصول على معامل انكسار موحد خلال عملية قياس المسافات الكهرومغناطيسية وصعوبة الحصول على درجة حرارة شريط القياس الحديدى من قياسات درجة حرارة الهواء بالمحاريب. وهكذا فالأخطاء النظامية هي امصب ما يمكن التعامل معها وعليه فانها تتطلب عناية خاصة قبل عملية المسح وخلالها ثم بعدها .

(3) الاخطاء العشوائية RANDOM ERRORS، وهى تلك الاخطاء المتغيرة والتي تبقي موجودة بعد إزالة كافة بقية الاخطاء، حيث انها تكون خارج نطاق سيطرة الرامد وتنتج عن عدم تمكنه من إجراء قياسات دقيقة لأسباب سبق ذكرها .

يفترض ان للاخطاء العشوائية توزيعا تكراريا مستمرا CONTINEOUS FREQUENCY DISTRIBUTION بسمي التوزيع الطبيعي NORMAL DISTRIBUTION كما انها تخضع لقانون الاحتمال LAW OF PROBABILITY، فالمتغير العشوائي x ذو التوزيع الطبيعي الذي معدله μ وانحرافه المعياري σ يكتب بشكله الرمزي $(N(\mu, \sigma))$. ان ما يجب فهمه جيدا هو ان الاخطاء العشوائية وحدها تعامل بالطرق الاماكية.

1-1-1 المبدأ الاساسي للاخطاء Basic concept of errors

يمكن تشبيه المبدأ الاساسي للاخطاء الموجودة في المعلومات المأخوذة من قبل المساح بعملية رمى الهدف.

دعنا نفترض اولا ان قناصا ماهرا قد استخدم بندقية بمحورها البصري منحن والتي تسجبت في توزيع القذائف كما في A في الشكل 1-1 .



الشكل 1-1

من حيث كون ان القناص ماهرا (او معتمد RELIABLE) فهذا يؤكد الانتشار الصغير الذي يدل على دقة PRECISION ممتازة. مع ذلك وبما ان القذائف هي بعيدة عن المركز بسبب انحناء المحور البصري (خط نظامي) فهي (اي القذائف) خاطئة تماما . وكذا حالة يمكن ان تحدث عمليا عندما يعطي جهاز ال (EMD)

طاقما من القياسات التي تتفق كلهما مع بعضها بحدود البضع ملليمترات (دقة عالية HIGH PRECISION) ولكن كافة هذه القراءات تكون خاطئة بعدد من الامتار بسبب خطأ في التشغيل وعدم تعبير الجهاز (درجة ضبط ضعيفة LOW ACCURACY).

فلو تم تعديل خط النظر المنحني (أي تقليل في الأخطاء التكرارية) ستكون النتيجة توزيع القذائف كما في B، وفي هذه الحالة ستجتمع القذائف قرب مركز الهدف وبالتالي يمكن إيجاد علاقة مباشرة بين الدقة العالية (والتي يظهرها الانتشار الصغير) ودرجة الضبط، ومن الطبيعي فإن الانتشار يكون بسبب الأخطاء العشوائية غير الممكن تجنبها. فلو قلب الهدف ستكون مهمة الرامي إيجاد الموقع الأكثر احتمالا للمركز مستندا إلى تحليل موقع القذائف في B. ومن هذه العلاقة تنتج عدة حقائق مهمة، وكما يلي:

(A) الانتشار هو 'مؤشر للدقة'، فكلما اتسع الانتشار عن متوسط القيمة لمجموعة من النتائج كلما كانت هذه النتائج أقل اعتمادا إذا ما قورنت مع نتائج ذات انتشار بسعة أقل.

(B) بسبب التمييز بين الدقة ودرجة الضبط، فالدقة هي تعبير نسبي يشير إلى درجة التجمع بغض النظر عن القرب من الحقيقة بينما تعبر درجة الضبط عن القرب المطلق من الحقيقة.

(C) يمكن اعتبار الدقة كمؤشر لدرجة الضبط فقط عندما تُزال كافة مصادر الخطأ باستثناء الأخطاء العشوائية.

(D) يمكن تعيين درجة الضبط فقط من خلال تعيين الحدود التي يمكن أن يقع ضمنها الخطأ العشوائي ACCIDENTAL ERROR للكمية المقاسة. وهكذا فسبب تعريف درجة الضبط عموما هو لأن الخطأ المطلق لكمية ما يكون عادة غير معروف، فلو كان الخطأ المطلق معروفا لكان من السهل تصحيح الكمية المقاسة بموجبه لاستخراج قيمتها الحقيقية. وتكون حدود الخطأ عادة متماثلة SYMMETRICAL حول الصفر، وهكذا تكون درجة الضبط لكمية ما x تساوي $(x \pm \epsilon)$ حيث أن ϵ هي أكبر من أو تساوي الخطأ الحقيقي وغير المعروف في x .

(E) تعيين الموقع من قبل المساح، إن كانت مواقع إحداثيات نقاط في شبكة ضبط CONTROL NET أو موقع تفصيل طوبوغرافي، فهو مجرد تقدير للموقع الأكثر احتمالا وعليه يتطلب إيجاد قيمة إحصائية لدرجة إيمانه

2-1 تعاريف أخرى FURTHER DEFINITIONS

(1) القيمة الحقيقية TRUE VALUE للقياس ما لا يمكن إكماسها مطلقا حتى لو وجدت فعلا، وهذا واضح عند رصد زاوية بمزاوة تقريبا ثانية واحدة، فيغض النظر عن عدد المرات

التي تقرأ بها الزاوية فإنه سيتم الحصول على قيم تختلف قليلا عن بعضها .

(2) الخطأ الحقيقي (TRUE ERROR) ϵ_x ، وهذا أيضا لا يمكن ابتداده مطلقا لامتواحه على القيمة الحقيقية (X) ناقصا القيمة المرمودة (x) ، أي :
$$X - x = \epsilon_x$$

(3) الخطأ النسبي RELATIVE ERROR ، هو مقياس للخطأ نسبة إلى حجم القياس. فيمكن مثلا قياس مسافة طولها 10 متر بخطأ ± 1 ملم بينما يمكن قياس مسافة طولها 100 متر أيضا بدرجة ضبط مقدارها ± 1 ملم ، فولو أن الخطأ هو متساوي في الحالتين، لكنه واضح بأن بالإمكان إعتبار القراءة الثانية أكثر دقة. ولأخذ هذا بنظر الاعتبار يمكن استخدام تسمية الخطأ النسبي (R_x) حيث :
$$R_x = \epsilon_x / x$$

وهكذا ففي الحالة الأولى ($x = 10\text{m}$) و ($\epsilon_x = \pm 1\text{mm}$) ، وعليه فإن ($R_x = 1/10\ 000$) بينما في الحالة الثانية ($1/100\ 000$) وهذا يظهر الاختلاف بوضوح، وبضرب الخطأ النسبي 100 يعطى الخطأ المئوي PERCENTAGE ERROR. فالخطأ النسبي هو تعريف مفيد جدا وهو يستخدم عادة في التعبير عن درجة الضبط في القياس الطولي. فمثلا ، يُعبر عادة بهذه المبرغة عن خطأ الأفعال النسبي للمضلع، مع ذلك فمن الواضح بأن ذلك لا ينطبق في حالة التعبير عن درجة الضبط التي تقاس بها الزاوية .

(4) القيمة الأكثر احتمالا (MPV) ، وهي أقرب تقريب إلى القيمة الحقيقية التي يمكن الحصول عليها من طاقم من القيم. ويعبر عن هذه القيمة عادة بالوسط الحسابي لطاقم من القيم بإهمال تكرار أو وزن القيم في هذه المرحلة. فمثلا إذا كانت A تمثل الوسط الحسابي و X تمثل القيمة الحقيقية و ϵ_n تمثل الأخطاء لطاقم من قياسات عددها n ، فإن :
$$A = X - [\epsilon_n] / n$$

حيث أن $[\epsilon_n]$ هي مجموع الأخطاء. ولما كان احتمال كون الأخطاء موجبة أو سلبية، فإن $([\epsilon_n] / n)$ ستكون صغيرة جدا، و ($A \approx X$) العدد محدود من القراءات، أما بالنسبة لعدد لا نهائي من القياسات فيمكن برهنة أن ($A = X$) .

لاحظ جيدا: بأن القوس المربع هو رمز كوزي GUASSIAN يعبر عن حالة الجمع.

(5) الخطأ المتراكم RESIDUAL ERROR ، هو أقرب تقريب إلى الخطأ الحقيقي، وهو الفرق بين القيمة الأكثر احتمالا (MPV) إلى الوسط الحسابي والقيم المرمودة لطاقم.

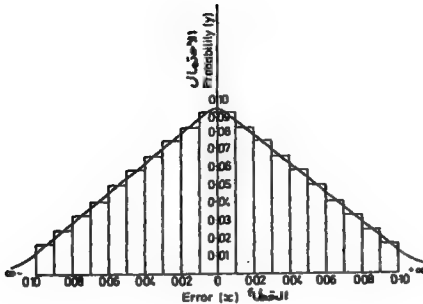
وبل استخدام نفس الجدال السابق يمكن إثبات أن الخطأ المتراكم r لعدد محدود من القياسات يساوي تقريبا الخطأ الحقيقي ϵ .

خذ طولاً مقداره 29.42 متر مقاساً بشرط قياس صحيح :
 التي حد (± 0.05) متر، فسكون مدني هذه القياسات إذن من
 29.37 متر إلى 29.47 متر معطياً 11 حالة ممكنة للجواب
 بفترات مقدارها 0.01 متر، فلوقيست المسافة الثانية بنفس
 الطريقة سيكون هنالك 11 حالة ممكنة للجواب أيضاً، عليه
 سيكون للقيمة الحقيقية لمجموع المسافتين ($11 \times 11 = 121$)
 حالة ممكنة وسيكون المدني لهذا المجموع ($2 \times (\pm 0.05M)$) أي
 بين ($-0.10M$) و ($+0.10M$) ، والان يمكن ان يحدث الخطأ
 ($-0.10M$) مرة واحدة فقط أي عندما يكون لكلا المسافتين
 خطأ مقداره ($-0.05M$)، ونفس الحالة تنطبق بالنسبة للخطأ
 ($+0.10M$)، والان خذ الخطأ ($-0.08M$)، فهذا يمكن ان يحدث
 بثلاثة طرق : (-0.05) و (-0.03) او (-0.04) و (-0.04) او
 (-0.03) و (-0.05)، وبتطبيق هذه الميعة على كامل المدني
 يمكن تنظيم (الجدول 1-1) ، فالجزء السفلي منه هو تكرار
 للجزء العلوي فيه، فلو أضيفت كسور الاحتمالات التي بعضها
 ستساوي 1.00 .

الاحتمال	التكرار	الخطأ
1/121=0.0083	1	-0.10
2/121=0.0165	2	-0.09
3/121=0.0248	3	-0.08
4/121=0.0331	4	-0.07
5/121=0.0413	5	-0.06
6/121=0.0496	6	-0.05
7/121=0.0579	7	-0.04
8/121=0.0661	8	-0.03
9/121=0.0744	9	-0.02
10/121=0.0826	10	-0.01
11/121=0.0909	11	0
10/121=0.0826	10	0.01
الخ	الخ	الخ

جدول 1-1

ولو رسمت النتائج اعلاه كخطأ ازاء لإحتمالات سيينتج
 المخطط في (الشكل 1-2) الذي فيه الاخطاء ممثلة بمستطيلات،
 وعليه فعند الحد عندما تصغر فترة الخطأ يصبح المخطط
 اقرب إلى المنحنى الراكب عليه، وهذا المنحنى يدعى "منحنى
 الاحتمال الطبيعي"، والمساحة تحت المنحنى تمثل مقدار
 لإحتمال كون الخطأ واقع بين ($\pm 0.10M$) وهكذا فإنها تساوي
 1.000 (حتماً) كما في (الجدول 1-1).
 في (الشكل 1-3) مبين منحنيات لإحتمال جرسية الشكل أكثر
 نموذجية ، حيث ان المنحنى الطويل الرفيع يدل على
 انتشار SCATTER قليل وهكذا فهو يدل على دقة عالية HIGH
 PRECISION بينما يدل المنحنى المتوسط على انتشار كبير
 ودقة قليلة، وعند تمعيب المنحنى يتبين بأن:



شكل 2-1

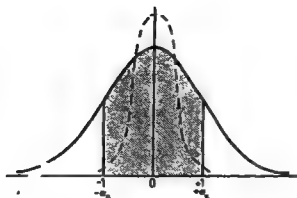
- (I) الأخطاء الموجبة والسالبة هي متساوية بالحجم والتردد.
 (II) الأخطاء الصغيرة هي أكثر حدوثاً من الأخطاء الكبيرة.
 (III) الأخطاء الكبيرة جداً فلكما تحدث.

ويمكن استخدام المنحنى أيضاً لبيان احتمال وقوع الخطأ ضمن حدود معينة حيث أن الجزء المظلل في الشكل (3-1) يبين احتمال وقوع الخطأ بين الحدين (± 1) وهذا الجزء المظلل يساوي 7 مرات تقريبا من مجموع 10، كما وأن لهذه المساحة بالذات أهمية خاصة كما سيُرد فيما بعد.

أشارة إلى ما تم شرحه، فإن المساحة تحت المنحنى تمثل حد التكرار النسبي أي تمثل الاحتمال ويساوي وحدة UNITY. وهكذا يمكن استخدام جداول مساحات المنحنى المعياري STANDARD NORMAL CURVE لاحتساب الاحتمالات شرط أن التوزيع هو توزيع طبيعي معياري STANDARD NORMAL DISTRIBUTION أي $(N(0, 1^2))$. فإذا كان المتغير x يساوي $(N(5, 2^2))$ فإنه يجب أن يحوّل إلى التوزيع الطبيعي المعياري باستخدام $(Z = (x - \mu) / \sigma)$ حيث أن Z دالة كثافة احتمال PROBABILITY DENSITY FUNCTION مقدارها $(2\pi)^{-1/2} e^{-Z^2/2}$.

فإذا كانت x تساوي $(N(5, 2^2))$ فإن $Z = (x - 5) / 2$ عندما $(x = 9)$ وبالتالي فإن $(Z = 2)$.

أن معادلة منحنى التوزيع الطبيعي المعياري $y = (1/\sigma\sqrt{2\pi}) e^{-x^2/2\sigma^2}$ حيث أن y هي احتمال حدوث الخطأ e و h هو مؤشر الدقة و e هي دالة أسية EXPONENTIAL FUNCTION.



شكل 3-1

INDICES OF PRECISION

4-1 مؤشرات الدقة

من المهم ان يكون بالامكان تقدير دقة طاقم من القراءات، وهناك عدد من المعايير لهذا الغرض، وأكثر هذه المعايير شيوعاً هو الانحراف المعياري (σ) وهو قيمة رقمية تدل على مقدار التغير حول القيمة الوسطية. ولأجل فهم المبدأ الذي تبين عليه مؤشرات الدقة يجب تناول القيام الذي يأخذ، بنظر الاعتبار كافة القيم الموجودة في طاقم من المعلومات، وكذا قياس هو الانحراف عن الوسط (\bar{x}) MEAN لكل قيمة مرموزة (x_i) أي ($x_i - \bar{x}$)، والتعبير الجذري لهذا قياس سيكون الوسط الحسابي لهذه الانحرافات، ولكن مجموع الانحرافات عن الوسط في توزيع طبيعي يساوي صفراً، عليه يمكن استخدام "وسط" مربعات هذه الانحرافات وهذا يسمى "التباين" (σ^2) "VARIANCE".

(1) التباين (σ^2):

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 / n \quad \dots (1-1)$$

يتم الحصول على σ نظرياً من عدد غير محدود من المتغيرات تعرف بـ "المجتمع" POPULATION. مع ذلك فالمستوفر عملياً هو فقط "عينة" من هذه المتغيرات، وتستخدم S كمعبر غير متمايز لـ σ ، ويؤخذ بنظر الاعتبار العدد الصغير من المتغيرات في العينة باستخدام ($n-1$) كمقسوم عليه والذي يسمى في علم الاحصاء بـ "تصحيح بيسل" BESSEL CORRECTION عليه:

(2) التباين (S^2):

$$S^2 = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 / n - 1 \quad \dots (2-1)$$

وحيث ان هذه الانحرافات هي مربعة فان وحدة التباين ستكون مربعة الوحدات الاصلية، وللحصول على مؤشر دقة المعلومات الاصلية يستخدم اذن الجذر التربيعي للتباين وهذا يسمى "الانحراف المعياري" (S) STANDARD DEVIATION، وهكذا:

(3) الانحراف المعياري (S):

$$S = \pm \left\{ \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 / n - 1 \right\}^{1/2} \quad \dots (3-1)$$

يُعبّر عن الانحراف المعياري بالمساحة المظللة في الشكل 3-1، وبذلك تتعين حدود الخطأ التي يقع بينها (68.3%) من قيم الطاقم، أي 7 في عينة عددها 10 .
وبنفس الطريقة يتم الحصول على قياس لدقة وسط الطاقم (\bar{x}) باستخدام "الخطأ" المعياري (STANDARD ERROR (S_x))، وهكذا:

(4) "الخطأ" المعياري (S_x) :

$$= S_x = \pm \left\{ \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 / n(n-1) \right\}^{1/2} = S/n^{1/2} \quad \dots (4-1)$$

وهكذا فالخطأ المعياري اذن يشير الى حدود الخطأ التي تقع بينها القيمة الحقيقية للوسط بوشوق CERTAINTY التي سعة هذه القيمة مقدارها (68.3%).

ان ما يجب ملاحظته هو ان المؤشرين S و S_x هما معطيان مختلفان تماما حيث ان قيمة S لا تتغير بمعنوية بازدياد عدد القراءات (n) بينما تتغير قيمة S_x بمعنوية بازدياد عدد القراءات، وعليه، ولأجل وصف معلومات مقاسة يجب استخدام كلا المؤشرين .

من المناسب هنا، ولو لم يتم البحث في موضوع وزن المعلومات بعد، ذكر عدد من المؤشرات الاخرى للدقة تنطبق على المعلومات الموزونة (WEIGHTED DATA (w_i)) :

(5) "الانحراف المعياري للمعلومات الموزونة (S_w)" :

$$= S_w = \pm \left\{ \sum_{i=1}^n w_i (x_i - \bar{x})^2 / n - 1 \right\}^{1/2} \quad \dots (5-1)$$

(6) "الانحراف المعياري لقياس منفرد بوزن (S_{w_i})" :

$$= S_{w_i} = \pm \left\{ \sum_{i=1}^n w_i (x_i - \bar{x})^2 / w_i (n-1) \right\}^{1/2} = S_w / (w_i)^{1/2} \quad \dots (6-1)$$

(7) "الخطأ" المعياري للوسط الموزون ($S_{\bar{x}}$) :

$$= S_{\bar{x}} = \pm \left\{ \sum_{i=1}^n w_i (x_i - \bar{x})^2 / \sum_{i=1}^n (w_i) (n-1) \right\}^{1/2} = S_w / \left(\sum_{i=1}^n w_i \right)^{1/2} \quad \dots (7-1)$$

لاحظ جيدا: لقد استخدمت الطريقة التقليدية للتعبير عن "الجمع" لعدد من مؤشرات الدقة حيث انها الميعة المتبعة في المراجع الاحصائية، وهكذا يسهل تمييزها. مع ذلك فقد استخدم شكل القوس المربع الكوزى GAUSSIAN الانيق لأغلبية المقادير .

5-1 الوزن WEIGHT

يعبر عن الأوزان رقميا، وهي تغير الى الدقة النسبية لكميات ضمن طاقم معين من القيم ، فكلما كان الوزن

كبيراً كلما زادت دقة القراءات ذات العلاقة . وهكذا .
 فقراءة بدقة وزنها 2 يمكن ان تعتبر معتمدة مرتين بقدر
 القراءة التي وزن دقتها 1 . فخذ قياساً وسطين لزاوية
 واحدة: ($A=50^{\circ}50'50''$) وزنها 1 و ($B=50^{\circ}50'47''$) وزنها 2، حيث
 تكون هاتان الزاويتان مساويتين لخلاف قراءات بوزن
 متساو وبقيمة وسطية مقدارها: $(50^{\circ}50'47'')/5=43''$
 وعليه فالقيمة الوسطية للزاوية تساوي ($50^{\circ}50'48''$) .

عند تمحيب هذا المثال بتبئين بانه مشابه كما لو ضربت
 كل قراءة (α) بوزنها (w) وقسم المجموع على مجموع الاوزان
 (w)، أي ان الوسط الموزون (A_w):

$$A_w = \frac{a_1 w_1 + a_2 w_2 + \dots + a_n w_n}{w_1 + w_2 + \dots + w_n} = \frac{\sum a w}{\sum w} \quad \dots (8-1)$$

يمكن تبئين الاوزان بطرق مختلفة: (I) عن طريق التقدير
 الشخصي للظروف السائدة وقت إجراء القياس (II) عن طريق
 إجراء التناسب المباشر مع عدد القياسات للكميات ، أي
 ($w \propto n$) . (III) باستخدام معاملى التباين والتباين
 المشترك COVARIANCE وينصح باتباع الطريقة الأخيرة ،
 وفي حالة معامل التباين فإنه يطبق كما يلي بسهولة:

تفسير المعادلة 4-1 أن: $S_y = S/n^{1/2}$
 أي ان الخطأ يتناسب تناسبا عكسياً مع الجذر التربيعي
 لعدد المقاسات، ولما كانت ($w \propto n$) ، عليه:
 $w \propto 1/S^2$... (9-1)

أي ان الوزن يتناسب تناسبا عكسياً مع التباين .

من الضروري دائماً النظر إلى الاوزان بهذه الطريقة
 خاصة ، مثلاً، في حالة التعديل بالمرجعات الصفري لكميات
 غير متشابهة كالزوايا والمسافات، فلو اُهملت الاوزان ،
 يفترض بان الخطأ بالزاوية يتناسب طردياً مع الخطأ
 بالمسافة ، أي "1 إلى 1 قدم مثلاً او 1 متر. وهكذا لو عدل
 طاقم من المعلومات باستخدام أطوالها بالأقدام ، فمجرد
 تحويلها إلى أمتار سيغطي طاقماً جديداً من القيم المعدلة
 - انظر (الفقرة 12-3) .

6-1 رفض القيم الشاذة REJECTION OF OUTLIERS

انه ليس غريباً عند اخذ قياسات متكررة لكمية معينة
 ان تكون واحدة منها في الأقل مختلفة تماماً عن باقي
 القياسات ، ويطلق على كذا قياس القيمة الشاذة "OUTLIER"
 والذي يشير المراد بانه من الحكمة رفضها من العينة .
 مع ذلك فالحكمة بمصعب ان تكون جدالا علمياً لرفض معلومات
 معينة، وعليه فالمطلوب هو محاولة إحصائية أكثر حيوية.

فكما يشير اليه سابقاً في (الفقرة 4-1) فان الانحراف
 المعياري S يمثل (68.3%) من المساحة تحت المنحنى

الطبيعي و عليه فانه يمثل حدود ثقة (CONFIDENCE LIMITS) مقدارها (68.3%)، وينتج عن ذلك ان :
 (1.96S) (يمثل حدود ثقة مقدارها (95%)) (احتمال 0.95)
 (2.57S) (يمثل حدود ثقة مقدارها (99%)) (احتمال 0.99)
 (3.29S) (يمثل حدود ثقة مقدارها (99.9%)) (احتمال 0.999)

وعليه فان اي متغير عشوائي (x) اذا خطا متبقي مقداره ($x - \bar{x}$) اكبر من (2.9S، 3) يجب ان يقع في نهايتي ذيلتي المنحنى الطبيعي، وعليه فانه يجب ان يهمل اي يجب ان يرفض من العينة، عمليا، هذا لا يثبت قاعدة مقبولة للرفض بسبب محدودية حجم العينات. فقد بين السيد لوكان في مجلة "SURVEY REVEU" (العدد 97) تموز 1955 بان القاعدة المناسبة للرفض تتناسب مع حجم العينة وكما يلي:

حجم العينة	قاعدة الرفض
4	1.5S
6	2.0S
8	2.3S
10	2.5S
20	3.0S

وهناك مبداء آخر في الرفض ينسب الى شوفيني CHAUVENET: لو كان لمتغير عشوائي (x) في عينة بحجم n انحرافا عن الوسط اكبر من الاحتمال ($1/2n$) فانه يجب ان يرفض، فمثلا اذا كانت ($n=8$) فان: (اي 0.94 او 94%) $1/2n=0.06$ ويكون احتمال الانحراف (1.86S). وهكذا فالقيمة الشاذة التي خطاها المتراكم او انحرافها عن الوسط اكبر من (1.86S) يجب ان ترفض. وهذا المبداء يعطى الجدول التالي:

حجم العينة	قاعدة الرفض
4	1.53S
6	1.73S
8	1.86S
10	1.96S
20	2.24S

يجب ملاحظة عدم تطبيق عمليات رفض متتالية على العينة.

7-1 توزيع (1) للطالب STUDENT'S t-DISTRIBUTION

لقد بينا في الفقرة 3-1 بانه لاجل تحويل التوزيع ($N(\mu, \sigma^2)$) تستخدم ($Z = (x - \mu) / \sigma$). مع ذلك، اذا استخدمت S كمخمن غير متحاز ل (σ) فان التوزيع الناتج سوف لن يكون

توزيعاً طبيعياً معيارياً لكنه سيكون توزيع (ت) للطالب بـ درجات من الحرية (DF) DEGREES OF FREEDOM مقدارها $(n-1)$ ، وعندما يقترب حجم العينة من 30 يقترب توزيع (ت) للطالب من التوزيع الطبيعي المعياري .

يقصد بـ "درجات الحرية (DF)" عدد المقاسات التي تمتلك حرية التغير في العينة . فمثلاً ، عند قياس كمية n من المرات ، فإن أول مقياس يعين الكمية، أما المقاسات الباقية والتي عددها $(n-1)$ فهي مقاسات فائضة REDUNDANTS تؤخذ لتأكيد صحة المقياس الأول، وعليه يوجد $(n-1)$ درجات حرية، وهناك طريقة أخرى للنقاش وهي: لو قيست كمية معينة 6 مرات مثلاً ووجد الوسط سيكون بالامكان تغيير المقاسات الخمس الأولى ، لكن المقاسة السادسة يجب أن تكون ثابتة نسبة إلى المقاسات الخمس الأولى والوسط، وعليه فإن هنالك خمس درجات حرية ، أي $(n-1)$ ، لو كان هنالك n من المعادلات التي تحتوي m من المتغيرات المستقلة فإن عدد درجات الحرية سوف يكون $(n-m)$.

هنالك جداول بالمساحات تحت المنحنى الطبيعي المعياري لاحتساب الاحتمال، ولكن لا يوجد جداول بالمساحات تحت منحنى توزيع (ت) وذلك بسبب التغير في عدد درجات الحرية (DF)، وهكذا فإن جداول (ت) تعطي قيمًا مرتبطة (ت) لمساحة معينة ، و (ت) هي نسبة الفرق بين قيمة الوسط المقاس والوسط المفترض HYPOTHESIZED MEAN إلى الخطأ المعياري للوسط ، أي :

$$t = (\bar{x} - \mu) / S_x \quad \dots (10-1)$$

وهكذا يتضح بأن توزيع (ت) يجب أن يستخدم عندما يكون حجم العينة أصغر من 30 و σ غير معروفة، وسوف تدرج الآن بعض التطبيقات على ذلك .

1-7-1 فترات الثقة

يمكن استخدام توزيع (ت) لاحتساب فترة الثقة لوسط مجتمع (م) POPULATION MEAN كما يلي :

مثال 1-1: تم قياس الزاوية المقابلة لذراع التقابل 16 مرة وكانت قيمة الوسط التي تم الحصول عليها $(34.86^\circ \pm 2.48^\circ)$ بانحراف معياري مقداره 3.62° ، اوجد فترات الثقة الـ (95%) والـ (99%) للوسط .

$$\begin{array}{lcl} n=16 & \bar{x}=34.86^\circ & S=3.62^\circ \\ \therefore S_x = S/\sqrt{n} = 0.91^\circ & & \end{array} \quad \text{الحل}$$

من التحويل : $t = (34.86 - \mu) / 0.91^\circ$
وعليه فإن حدود الثقة للوسط هي $(34.86 \pm 0.91t)$ ، ومن

جداول (تي) - انظر الملحق/جدول-1 :

لـ 15 درجة حرية تساوي 2.13 ... احتمال (95%).
لـ 15 درجة حرية تساوي 2.95 ... احتمال (99%).

و عليه فان حدود الثقة لقيمة الوسط هي :

(1.93° $2^{\circ}28'38.86''$) عند احتمال (95%)
(2.68° $2^{\circ}48'34.86''$) عند احتمال (99%)

والطريقة الاخرى للتعبير عما ورد اعلاه هي ان احتمال كون α سيقتع خارج ($2^{\circ}48'32.93''$) و ($2^{\circ}48'36.79''$) هو (0.05) او (5%). ولو افترض توزيع طبيعي فان ($1.96S$) ستمثل الاحتمال (95%) وستكون حدود الثقة لـ هي : ($2^{\circ}48'34.86'' \pm 1.78^{\circ}$)

1-7-2 فرضيات الاختبار Testing hypotheses

في كافة لاختبارات المعنوية SIGNIFICANCE TESTS يفترض في البداية بان ليس هنالك فرق معنوي بين التوزيعات التي تحت الاختبار ، وهذه الحالة تسمى بـ "فرضية العدم NULL HYPOTHESIS".

1-2-7-1 مسألة ذات عينة واحدة

كما سبق وان بينا في المثال السابق ، فلتوزيع (تي) بـ 15 درجة حرية احتمال للقيمة الواقعة خارج الحدين (± 2.13) مقداره 0.95 اي (95%) ، وهذان الحدان هما حدا المعنوية الـ (5%) ، وتؤكد هذه القاعدة في اختبار الفرضيات. خذ المثال التالي :

مثال 1-2 : ثبت بان قيمة زاوية في شبكة لاختبار هي (24.5° 58° $35'$) وهي لاجل التأكد من احتمال حركة الشبكة ففقد اعيد قياس الزاوية 9 مرات ونتاج عن ذلك قيمة فوسطية (\bar{x}) مقدارها (27.3° 58° $35'$) بانحراف معياري مقداره 2.2° . فهل هنالك فرق معنوي بين وسط المجتمع ووسط العينة كما يشير الى احتمال حركة المحطات المرمودة ؟

الحل

(A) تشير فرضية العدم الى ان ليس هنالك فرق بين وسط العينة و وسط المجتمع المقترض .

$$S_1 = S/n^{\frac{1}{2}} = 2.2/3 = 0.73^{\circ} \quad (B)$$

$$t = (\bar{x} - \mu)/S_1 = (27.3 - 24.5)/0.73 = 3.84 \quad (C)$$

(D) من جداول (تي) - انظر الملحق/جدول-1: حدود المعنوية الـ (1%) لتوزيع (تي) بثمان درجات حرية تساوي (± 3.36) .

(E) تقع قيمة (تي) البالغة 3.84 خارج مستوي الـ (1%) وهكذا

يوجد فرق معنوي بين الوسطين وعليه فان "فرضية العدم" هي

العدم * يجب ان ترفض .
وهكذا يظهر بان هنالك حركة موجودة في الشبكة. ومع هذا فانه من الخطا اعتماد ذلك من دون اجراء قياسات اخرى وبحث مستقل، كما يجب عدم اهمال المعرفة الشخصية والخبرة والرأي لكافة كذا حالات .

1-2-7-2 مسألة ذات عينتين

غالبا ما يجابه الفرد في اعمال المسح بعملية تقدير طاقمين من القراءات مختلفين بالحجم اوبكونان قد رمدا من قبل رامدين مختلفين للتأكد من انهما بمكان نفس المجتمع. مع هذا "تقبل" اختبار هذه الفرضية يجب اختيار تباينات المعنوية VARIANCES OF SIGNIFICANCE باستخدام اختبار F . وهكذا اذا كان هنالك عينتين بحجمين n_1 و n_2 وسطين \bar{x}_1 و \bar{x}_2 وانحرافين معياريين S_1 و S_2 ، فالطريقة تكون :

(A) انشئ فرضية العدم* بانه لا يوجد فرق بين الوسطين اي $(\bar{x}_1 = \bar{x}_2)$.
(B) اوجد الانحراف المعياري المركب S لكلا العينتين من المعادلة :

$$S = \left\{ \frac{(n_1 - 1)S_1 + (n_2 - 1)S_2}{(n_1 - 1) + (n_2 - 1)} \right\}^{\frac{1}{2}} \quad \dots (11-1)$$

(C) اوجد الخطأ المعياري باستخدام :

$$S_s = S \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)^{\frac{1}{2}} \quad \dots (12-1)$$

(D) عند ذلك فان $t = |\bar{x}_1 - \bar{x}_2| / S_s$ تعطي توزيعا ب درجات حرية عددها $((n_1 - 1) + (n_2 - 1))$.
(E) والان اوجد قيمة (تي) من الجداول ب $((n_1 - 1) + (n_2 - 1))$ درجات حرية عند مستوى معنوية مقداره (5%) و/ او (1%) .
(D) فاذا كانت قيمة (تي) المحتمنة اكبر من تلك التي وجدت في الجداول ، فانه يوجد دلالة قاطعة لوجود فرق معنوي بين \bar{x}_1 و \bar{x}_2 عند المستوي (1%) ، اما عند المستوي (5%) فالدلالة على وجود فرق معنوي هي معقولة . اما ان لم يكن هنالك فرق معنوي ، عند ذلك تقبل "فرضية العدم" .

1-8 توزيع (F) F-DISTRIBUTION

يستخدم توزيع (F) للمقارنة بين تباينتي عينتين باستخدام النسبة بينهما. فمثلا ، اذا اخذ تباينان من نفس المجتمع وكانا متساويين فالنسبة $(F = S_1^2 / S_2^2)$ عندما $(S_1 > S_2)$ ستاوي 1 . وهنالك جداول تعطي قيم (F) لمستويات معنوية مختلفة . خذ المثال التالي :

مثال 1-3 : المساحان A و B يقسمان زاوية واحدة باستخدام مزواة واحدة . A يقسم الزاوية 6 مرات بانحراف معياري

مقداره (6.8°) B_0 بقيتها 14 مرة بانحراف معياري مقداره (4.9°). فهل هنالك فرق معنوي بين قابلية هذين المساحين الاكثين ؟

الحل

(A) "فرضية العدم" هي ($S_A = S_B$).
(B) لتوزيع (F) : $F = S_A^2 / S_B^2 = 6.8^2 / 4.9^2 = 1.93$

(C) الاختبر المعنوية باستخدام جداول (F) ب 5 و 13 درجة حرية :

لـ (1%) مستوي معنوية : (انظر الملحق/جدول-2) $F = 4.86$
لـ (5%) مستوي معنوية : (انظر الملحق/جدول-3) $F = 3.03$

(D) ان قيمة (F) البالغة 1.93 هي غير معنوية (اي انها اكبر من 3.03 عند مستوي معنوية (5%). وعليه تقبل "فرضية العدم" الفاطلة بان ليس هنالك فرق معنوي بين الراصدين

9-1 توزيع مربع كاي CHI-SQUARED DISTRIBUTION

يكتب "مربع كاي" χ^2 ، وهو الاختبار للتكرار بين طوائف من القيم لمعرفة ان كان التغير معنوي، حيث ان χ^2 تمثل مجموع مربعات المتغيرات العشوائية المستقلة، وعليه فهي نفسها يجب ان تكون متغيرة عشوائية ايضا. فيقال بان للمتغير "توزيع مربع كاي".

1-9-1 جودة النطاق Goodness of fit

لاجل احبار انحياز BIAS عينة ، يجري تقدير الفرق بين التكرارات المرمودة (O) OBSERVED والمتوقعة (E) EXPE(CTED). خذ المثال التالي :

مثال 1-4 : تم فحص خمس اجهزة قياس مسافة الكترونية (EDM) بقاعدة تعبير CALIBRATION BASE ذات طول معروف ، وقيمت المسافة بكل من الاجهزة الخمسة عددا متساويا من المرات فكانت التكرارات التي وجد بها الطول المعروف لكل جهاز كما يلي:

الجهاز	A	B	C	D	E
التكرار المرمود (O)	8	11	5	13	3
التكرار المتوقع (E)	8	8	8	8	8

فهل هنالك اي فرق معنوي بين عمل الاجهزة الخمسة ؟

الحل

لو لم يكن هنالك فرق معنوي بين الاجهزة لكان يتوقع ان تكون التكرارات متساوية لكافة الاجهزة، والتي ينتج منها

منها بان معدل القيم المرمودة (0) هو ثمان.

(A) "فرضية العدم" : لا يوجد فرق بين القيم المرمودة (0) والمتوقعة (E).
(B)

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^5 \{(O-E)^2/E\} = \frac{(8-8)^2}{8} + \frac{(11-8)^2}{8} + \frac{(5-8)^2}{8} \\ + \frac{(13-8)^2}{8} + \frac{(3-8)^2}{8} = 8.52$$

(C) من جداول توزيع مربع كاي χ^2 - انظر الملحق/جدول A-4، وباستخدام (5-1=4) درجات حرية :
لمستوى معنوية (1%) نجد بان ($\chi^2 = 13.38$)
لمستوى معنوية (5%) نجد بان ($\chi^2 = 9.49$)

(D) عند المستوى (5%) لا يوجد فرق معنوي وعليه تقبل "فرضية العدم"، ويمكن اثبات بانه لا يوجد فرق معنوي في عمل الاجهزة الخمسة .

2-9-1 جداول الطوارئ Contingency tables

لقد تم في المثال السابق تصنيف التكرارات بموجب معيار واحد فقط وهو عدد القياسات "الحقيقية" التي تم الحصول عليها . فلو اخذ بنظر الاعتبار معيار ثاني كـ"أخذ القراءات تحت ظروف حرارية مختلفة تماما" ، أي وجود معياران ، وكما هو مبين ادناه :

المجموع	E	D	C	B	A	الجهاز
40	5	13	7	10	5	التكرار بدرجة (25°C)
55	7	18	10	13	7	التكرار بدرجة (0°C)
95	12	31	17	23	12	المجموع

يعرف الجدول اعلاه بمفصّل وخمسة اعمد في جدول طوارئ (5x2) .

يستخدم لاختبار لا اختبار فرضية ان درجة الحرارة وتكرار المقاسات هما معياران مستقلان .

(A) فرضية العدم : التكرار هو مستقل عن درجة الحرارة
(B) باخذ درجة حرارة مقدارها (25°C) يمكن توقع صحة العلاقة التالية :

$$\frac{\text{مجموع التكرارات بدرجة (25°C)}}{\text{مجموع التكرارات (تكرار A)}} = \frac{\text{المجموع الكلي للتكرارات}}{\text{مجموع التكرارات}}$$

$$\frac{40}{12} = \frac{8}{95}$$

أي :

وهكذا إذا كانت E_A تمثل التكرار المتوقع لـ A عند درجة حرارة (25°C) يكون لدينا :
 $E_A/12 = 40/95$
 $E_A = (40 \times 12)/95 = 5$ إذن :

وهكذا إذا كانت :
 $R = (\text{مجموع الصفوف})$
 $C = (\text{مجموع الأعمدة})$
 $T = (\text{المجموع الكلي})$

فالتكرار المتوقع يساوي :
 $E = (R \times C) / T$
 وباستخدام هذه المعادلة تمتسب التكرارات المتوقعة عند درجة حرارة (25°C) ويمكن استخراج التكرارات عند درجة حرارة مفر ستفراد من المجاميع وكما هو مبين أدناه :

المجموع	E_A	E_B	E_C	E_D	E_E	الجهاز
40	5	10	7	13	5	التكرار بدرجة (25°C)
55	7	13	10	18	7	التكرار بدرجة (10°C)
95	12	23	17	31	12	المجموع

(C) باستخدام الجدولين تستخرج قيمة χ^2 كما يلي :
 $\chi^2 = (8-5)^2/5 + (11-10)^2/10 + (5-7)^2/7 + (13-13)^2/13 + (5-3)^2/3$
 $+ (4-7)^2/7 + (12-13)^2/13 + (12-10)^2/10 + (18-18)^2/18 + (9-7)^2/7$
 $= 6.14$

(D) باستخدام جداول الطوارئ CONTINGENCY TABLES يكون عدد درجات الحرية (DF) المستخدمة :

$(R-1)(C-1) = (2-1)(5-1) = 4 \text{ DF}$
 وهكذا من جداول χ^2 - انظر الملحق/جدول-4 . وباستخدام (4 DF)

لمستوى (1%) تكون $(\chi^2 = 13.28)$ و

لمستوى (5%) تكون $(\chi^2 = 9.49)$

وعليه فإن $(\chi^2 = 6.14)$ ليست معنوية عند الـ (5%) وتقبل فرضية العدم*، وهكذا فإن ليس لعمل الجهاز علاقة بدرجة الحرارة .

مما يجب ملاحظته في كلا المثالين السابقين أن (هي فقط معنوية إذا كانت أكبر من القيم المعطاة عند المستويين (5%) و (1%)، وكذا اختبارات تسمى "اختبارات ذات الذيل الواحد" ONE TAILED TESTS .

3-9-1 مقارنة التباينات Comparison of variances

يمكن استخدام اختبار χ^2 أيضا لاختبار فرضية أن تباين المجتمع يساوي تباين العينة، أي $(\sigma^2 = S^2)$ ، فهذا طبقا يتضمن معرفة أن كانت σ^2 هي "أكبر" بمعنوية أو "أصغر" بمعنوية من S^2 ، وعليه فإنها تتطلب بحثا عند كل من ذيلين منحنيين التوزيع، وهذا يسمى "الاختبار ذو الذيلين" TWO TAILED TEST، وعليه فإننا لا يمكن أن نستخدم جداول χ^2 ذات الذيل الواحد

الخاصة بـ "جودة التطابق" GOODNESS OF FIT.

ولاجل اختبار الفرضية بأن ($\sigma^2 = S^2$)، تستخرج قيمة χ^2 باستخدام:
 $\chi^2 = (n-1)S^2/\sigma^2$... (13-1)
 وتختبر الفرضية باستخدام جداول توزيع χ^2 بـ ($n-1$) درجات حرية.

مثال 1-5: لقد تضرر جهاز مزواة الجايرو GYRO THEODOLITE في حادث خلال عملية انشاء نفق وقد تم إصلاحه فيما بعد حيث أخذ فيه بعض التحوير من جراء التلطيع، وكانت المزواة أعطت قياسات معيارية CALIBRATION MEASUREMENTS متكررة التي خط قاعدة ذو سمت معروف في الماضي لارتفاع معياريا مقداره ($\pm 8''$). ولتدقيق الجهاز المحور أخذت به 20 قراءة التي خط القاعدة هذا ووجد أن الانحراف المعياري $12''$. فهل أدت التلطيعات والتحويرات التي تفسير معنوي في عمل الجهاز؟

الحل

(A) "فرضية العدم" هي: $\sigma^2 = S^2$
 (B) $\chi^2 = (n-1)S^2/\sigma^2 = (20-1) \times 12^2/8^2 = 42.75$
 (C) من جداول χ^2 - انظر الملحق/جدول A-4. فلتباينات بـ 19 درجة حرية: لمستوي معنوية (1%)، χ^2 تساوي 6.844 و 38.582 لمستوي معنوية (5%)، χ^2 تساوي 8.907 و 32.852 تكون قيمة $\chi^2 = 42.75$ معنوية عند مستوي (1%) ويوجد دلالة قاطعة بأن ($\sigma^2 \neq S^2$)، وهكذا نرفض "فرضية العدم". وبنتبين بأن مستوي عمل الجهاز قد تباثر (انخفض) بالإصلاح والتحوير.

فلو اختلفت اختلفت صيغة السؤال السابق لتكون:
 (I) هل ان الإصلاحات والتحويرات قد "حسنت" الاداء بمعنوية؟
 او (II) هل ان الإصلاحات والتحويرات قد "خففت" الاداء بمعنوية؟
 عليه، ولو اتينا مازلتنا نختبر الفرضية ($\sigma^2 = S^2$)، لكنها ستفتبر اراء "الفرضية البديلة" ALTERNATIVE HYPOTHESIS: (I) ($\sigma^2 < S^2$) او (II) ($\sigma^2 > S^2$). وفي هذه الحالة يكون الاختبار بديل واحد، وتستخدم جداول χ^2 ذات الذيل الواحد للتحسين.

10-1 تركيب الأخطاء COMBINATION OF ERRORS

يستخرج كثير من المعلومات بشكل غير مباشر من تراكيب مختلفة من المعلومات المرمودة، فمثلا، تكون أعداديات نقطة بدلالة الطول والاتجاه للخطوط حيث ان كل قياس يحتوي على خطأ، فمن الضروري البحث في التأثير المركب لهذه الأخطاء على الكمية المستخرجة.

عموما، يتم اجراء التقاظل على الدالة نسبة التي كل من الكميات المقاسة بتطليط، وبالجمع يتم الحصول على

تأثيراتها. وهكذا إذا كانت $\alpha = f(x, y, z, \dots)$ وإذا جوت هذه المتغيرات على الأخطاء (δx) و (δy) و (δz) و... فمجموع الخطأ في α سيكون $(\delta \alpha)$:

$$\delta \alpha = \frac{\partial f}{\partial x} \delta x + \frac{\partial f}{\partial y} \delta y + \frac{\partial f}{\partial z} \delta z + \dots \quad \dots (14-1)$$

فإذا كان المطلوب إيجاد الخطأ المعياري في α الذي سببه الأخطاء المعيارية في x و y و z و... الخ، تستخدم المعادلة التالية :

$$\sigma_a^2(f) = \left(\frac{\partial f}{\partial x} \sigma_x\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y} \sigma_y\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial z} \sigma_z\right)^2 + \dots \quad \dots (15-1)$$

وهذه هي المعادلة العامة لتباين الدالة. ان المعادلة (15-1) مهمة جدا وهي تستخدم بشكل واسع في أعمال المساحة بالرغم من محدودياتها الاحصائية. فمثلا، في عملية التقاض الجزئي PARTIAL DIFFERENTIATION بالنسبة لـ x يتم إبقاء y و z ثابتتان وقتيا وتعتبر α بأنها بدالة x فقط، ولو أن هذا قد لا يكون كذلك في الواقع. ثم ان المعادلة (15-1) تعطى جوابا تقريبا فقط والذي تعتبر دقته عموما كافية لهذا الغرض .

يقوم من الاستنتاجات القادمة بان تباين العينة S^2 قد حل، عموما، محل تباين المجتمع σ^2 .

1-10-1 الأخطاء التي تؤثر على الجمع أو الطرح

خذ الكمية $(A(f) = a + b)$ حيث ان α و β قد تأثرتا بخطأين معياريين (σ_a) و (σ_b) ، فعليه :

لنذن :

$$\sigma_a^2 = \left\{ \frac{\partial(a+b)}{\partial a} \sigma_a \right\}^2 + \left\{ \frac{\partial(a+b)}{\partial b} \sigma_b \right\}^2 = \sigma_a^2 + \sigma_b^2 \therefore \sigma_a = \pm (\sigma_a^2 + \sigma_b^2)^{1/2} \dots (16-1)$$

وحيث ان عملية الطرح هي مجرد عملية جمع بتبديل الإشارة فان المعادلة اعلاه هي أيضا صحيحة لـ "الفرق" بين الأخطاء .

وفي حالة $(\sigma_a = \sigma_b = \sigma)$ فان :

$$\sigma_a = \pm \sigma(n)^{1/2} \quad \dots (17-1)$$

يجب تمييز (المعادلة 17-1) عن (المعادلة 4-1) التي تشير إلى "الوسط MEAN" وليس إلى "الجمع SUM" كما هو الحال في اعلاه .

مثال 1-6 : إذا كان لكل من (وايا مظهر خطي معياري مقداره (± 2) ، فما هو مجموع "خطأ" (σ_p) في المظهر ؟

$$\sigma_r = \pm(2^2 + 2^2 + 2^2)^{1/2} = \pm 2(3)^{1/2} = \pm 3.5''$$

مثال 7-1 : عند قياس زوايا داخريّة في محطة ، احتسبت الزاوية الثالثة C التي تقفل الدائرة بطرح الزاويتين المتقاستين a و b من 360°. فإذا كان للزاوية a خطأ معياري مقدارها (±2'') وللزاوية b خطأ معياري مقدارها (±3'')، ما هو الخطأ المعياري للزاوية C ؟

الحل

$$c \pm \sigma_c = 360^\circ - (a \pm \sigma_a) - (b \pm \sigma_b) \\ = 360^\circ - (a \pm 2'') - (b \pm 3'')$$

وحيث ان :

$$c = 360^\circ - a - b \\ \pm \sigma_c = \pm \sigma_a \pm \sigma_b = \pm 2'' \pm 3'' \\ \sigma_c = \pm(2^2 + 3^2)^{1/2} = \pm 3.6''$$

عليه :
(و C) تساوي :

مثال 8-1 : الخطأ المعياري لـ "وسط MEAN زاوية مستخرجة من أربع قياسات هو (±3'')، فما هو عدد القياسات المطلوبة لتقليل هذا الخطأ إلى النصف باستخدام نفس الجهاز ؟

الحل

$$\sigma_n = \pm \frac{\sigma_1}{\sqrt{n}} \quad \therefore \sigma_1 = 3 \times 4^{1/2} = \pm 6'' \quad \text{من (المعادلة 8-1) ;}$$

أي ان للجهاز المستخدم خطأ معياري مقدارها (±6'') لكل قراءة. وهكذا لاجل ان تكون (σ_n = ±1.5'') عندما (σ₁ = ±6'') :

$$n = \left(\frac{6}{1.5}\right)^2 = 16$$

مثال 9-1 : اذا كان الخطأ المعياري لمثلث في عملية تطبيق (بقياس الزوايا) يساوي (±6.0'')، ما هو الخطأ المعياري المسموح به لكل زاوية ؟

الحل

من (المعادلة 17-1) :
حيث ان σ₁ هي الخطأ في المثلث TRIANGULAR ERROR و σ_n هو الخطأ في الزاوية و n هو عدد الزوايا .

$$\therefore \sigma_1 = \frac{\sigma_r}{(n)^{1/2}} = \frac{\pm 6.0''}{(3)^{1/2}} = \pm 3.5'' \quad \text{اذن :}$$

1-10-2 الإخطاء التي تؤثر على عملية الضرب

خذ (A(f) = a ± b × c) حيث كانت a و b و c قد تأخرت بأخطاء

معيارية، فالتباین (G_A^2) يساوى:

$$\sigma_A^2 = \left\{ \frac{\partial(abc)}{\partial a} \sigma_a \right\}^2 + \left\{ \frac{\partial(abc)}{\partial b} \sigma_b \right\}^2 + \left\{ \frac{\partial(abc)}{\partial c} \sigma_c \right\}^2$$

$$= (bc\sigma_a)^2 + (ac\sigma_b)^2 + (ab\sigma_c)^2$$

$$\therefore \sigma_A = \pm abc \left\{ \left(\frac{\sigma_a}{a} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_b}{b} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_c}{c} \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad \text{اذن :} \quad \dots \langle A18-1 \rangle$$

ويمكن اعتبار الكميات داخل الأقواس أخطاء نسبية R_A, R_B, R_C معطية :

$$\sigma_A = \pm abc (R_A^2 + R_B^2 + R_C^2)^{\frac{1}{2}} \quad \dots \langle B18-1 \rangle$$

3-10-1 الإخطاء التي تؤثر على عملية القسمة

خذ ($A(f) = a/b$) ، وعليه يكون التباین (G_A^2):

$$\sigma_A^2 = \left\{ \frac{\partial(ab^{-1})}{\partial a} \sigma_a \right\}^2 + \left\{ \frac{\partial(ab^{-1})}{\partial b} \sigma_b \right\}^2 = \left(\frac{\sigma_a}{b} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_b a}{b^2} \right)^2$$

$$\therefore \sigma_A = \pm \frac{a}{b} \left\{ \left(\frac{\sigma_a}{a} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_b}{b} \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad \dots \langle A19-1 \rangle$$

$$= \pm \frac{a}{b} (R_A^2 + R_B^2)^{\frac{1}{2}} \quad \dots \langle B19-1 \rangle$$

4-10-1 الإخطاء التي تؤثر على القوى والجذور

يجب التمييز بين قوة رقم (أي a^x) وعملية الضرب، ما دام ($a^2 = a \times a = a$) الذى تكون فيه الحدود الثلاثة متساوية.

وهكذا إذا كانت ($A(f) = a^n$) فالتباین (G_A^2) يساوى :

$$\sigma_A^2 = \left(\frac{\partial a^n}{\partial a} \sigma_a \right)^2 = (na^{n-1} \sigma_a)^2 \quad \therefore \sigma_A = \pm (na^{n-1} \sigma_a) \quad \dots \langle A20-1 \rangle$$

كذلك فإن R_A :

$$R_A = \frac{\sigma_A}{a^n} = \frac{na^{n-1} \sigma_a}{a^n} = \frac{n \sigma_a}{a} = n R_a \quad \dots \langle B20-1 \rangle$$

ونفس الشيء ينطبق بالنسبة للجذور فإذا كانت الدالة ($A(f) = a^{1/n}$) فإن التباین (G_A^2) يساوى :

$$\sigma_A^2 = \left(\frac{\partial a^{1/n}}{\partial a} \sigma_a \right)^2 = \left(\frac{1}{n} a^{1/n-1} \sigma_a \right)^2 = \left(\frac{1}{n} a^{1/n} a^{-1} \sigma_a \right)^2 = \left(\frac{a^{1/n} \sigma_a}{n a} \right)^2$$

$$\therefore \sigma_4 = \pm \left(\frac{\sigma_1 \sigma_2}{n} \right)$$

>21-1<...

ويستجيب نظم الاسلوب للتعابير العامة التي هي تراكيب من التعابير اعلاه. ويمكن ايجاد امثلة على ذلك في كل من هذا الكتاب والجزء الاول/سكوفيلد- شعبان 1983 .

11 - 1 تعديل القراءات بطريقة المربعات الصغرى

ان المقاسات الاساسية في إنشاء شبكات الضبط ثنائية او ثلاثية الابعاد هي الزوايا والمسافات . وعموما، تؤخذ معلومات اكثر مما يكفي لاجل تأمين ما يدقق الاخطاء وللتمكن من إجراء "تعديل" اكثر مقبولا لحسابها ولإجراء تحليل للقوة. ويشار الى المعلومات الاضافية المأخوذة بـ "القياسات الفائضة REDUNDANT MEASUREMENTS".

فالأجهزة الحديثة مع المهارات المهنية تمكن من أخذ المعلومات الحقلية المذكورة اعلاه بدقة تامة تقريبا وبدرجة عالية جدا من الضبط . وبالرغم من ذلك، فمهما تكن طرق التعديل المستخدمة في تحديث تفويده في شكل الشبكة نتيجة التغيرات التي يحدثها التعديل في الزوايا والمسافات المقاسة، أي ان الزوايا والمسافات المحتسبة من الاحداثيات المقبولة الأخيرة ستختلف عن تلك التي رصدت اصلا، ينتج عن ذلك بانه لما كان "التعديل" ضروريا للحصول على الشكل الصحيح هندسيا ، فانه يجب استخدام فقط تلك الطرق في التعديل التي تؤدي الى اقل تغييرات في القراءات، وعليه يكون تعديل "المربعات الصغرى" هو الطريقة الملائمة .

مما يجب ملاحظته ، ولو ان المربعات الصغرى ليست هي - بأي حال من الاحوال - الطريقة المثلى (سكوفيلد 1979) لان التغييرات الحاصلة على المعلومات غالبا ما تفتقد حسب مبدأ التوزيع الطبيعي للتغيرات وحسب فتاعة الراسد، وبالتأكيد يمكن الجدل بأن تستخدم التسمية "طرق التشويه DISTORTING PROCEDURES" بدلا من "طرق التعديل ADJUSTMENT PROCEDURES". ومع كل ذلك فمن بين كافة طرق التعديل المتوفرة يكون لطريقة المربعات الصغرى افضلية لإضفاء اصغر التغيرات على المعلومات في الوقت الذي تعطى فيه طريقة صحيحة لحسابها، أي يمكن تطبيقها عالميا على كافة انواع الشبكات ، وهي ايضا سهلة في استخدامها نسبيا وتوفر تحليلا لقوة الشبكة النهائية .

ولاجل التعرف على معنى تحليل قوة الشبكة عن كثب ، يجب ان يكون في الحسبان بان هنالك ثلاث شبكات. فاولا هنالك الشبكة كما هي منشأة على الارض وهذه هي الشبكة الحقيقية (لكنها غير معروفة) ، كما وان قياس هذه الشبكة لاجل تعيين الموقع والشكل والحجم يعطى الشبكة الثانية والتي - بسبب اخطاء القراءات - ستختلف عن الشبكة الحقيقية. واخيرا توجد الشبكة "المعدلة" والتي بالتاكيد ستختلف عن الشبكة المرصودة وحتى انها قد تكون اكثر اختلافا عن الشبكة الحقيقية ، وهذه الشبكة الاخيرة هي التي يتم تحليل قوتها (او لاعتمادها) ويكون هذا التحليل مبنيا على اختلافها عن الشبكة المرصودة .

وهكذا - عمليا - يجب التاكيد دائما على تحليل الاخطاء في اعمال الرصد بدلا من اتباع طرق مسقطا "لتعديل" وتحليل تلك الاخطاء .

لقد استخدمت طريقة المربعات الصغرى لاكثر من 150 سنة وهي تنسب للعالم كوز GAUSS ولو انها تنسب احبانا الى العالمين لابلان وماركوف . مع هذا ، فعند استقضاء كتابات العلماء الثلاثة (بلاكيث 1969) يكون كوز هو العالم المحق بايجادها . مع ذلك ففي عالم الاحصاء يشار الى النظرية الاساسية في الموضوع بـ "نظرية كوز-ماركوف" وتنتم هذه النظرية على ان في حالة كون القراءات المستقلة متساوية في الوزن تكون تقديرات المربعات الصغرى تقديرات خطية LINEAR غير منحازة UNBIASED وبأسر تبين . ويتضح من مؤلفات المساحة بان قاعدة المربعات الصغرى تستخرج للرصدات ذات التوزيع الطبيعي ويعبر عنها عادة بالقيمة الاكثر احتمالا (MPV) او بالفضل تقدير خطي غير منحاز BEST LINEAR UNBIASED ESTIMATE والذي يكون فيه مجموع مربعات الكميات المتبقية الموزونة بأصفر قيمة ، اي:

$$[wv] = \text{MIN (ا صفر قيمة)}$$

او بتعبير المصفوفة الرباعية QUADRATIC FORM MATRIX:

$$r^T W r = \text{MIN (ا صفر قيمة)}$$

حيث ان r هي متجه VECTOR الاخطاء المتبقية و W هي المصفوفة النظرية الموزونة لمقنوبات تبانيات القراءات .

يميل المساحون لاستخدام التعبير "المربعات الصغرى" تعطي القيمة الاكثر احتمالا" ، ومع ذلك فالمربعات الصغرى هي مجرد علاقة رياضية بين القراءات الاصلية وقيمها المعدلة ، ولو ان الاحصائيين يستخدمون اصغر التباين MINIMUM VARIANCE كمعيار لاداء التقدير لانه

بمعنى القيم المستخرجة بوضوح أكثر. فالتقدير ذو التباين الأصغر هو ذلك التقدير الذي يكون فيه للمباهيل المقدرة تبايناً أصغر من أي تقدير مستخرج آخر. وكمثال على ذلك هو الوسط الحسابي لمطابق من القراءات .

من الجدير بالملاحظة : ولو بسهل استخراج قاعدة المربعات الصغرى من معادلة منحني التوزيع الطبيعي فقد اخبت "سوتنر SUNTER" 1966 بأن الطريقة تعطي تقديرات لأصغر التباين بغض النظر عن التوزيع. مع هذا فإن كانت المعلومات موزعة طبيعياً فالحل بالمربعات الصغرى سيعطي القيم الأكثر احتمالاً (MPV). وهذه الناحية هي مهمة من وجهة نظر علم المساحة لأن القيم المستخدمة للزوايا والمسافات لابد أن تكون الوسط الحسابي لمطابق من القراءات . وهكذا ففي الوقت الذي قد لا تكون فيه المتغيرات المفردة في طاقم موزعة توزيعاً طبيعياً، فإن "نظرية الحد الوسطي CENTRAL LIMIT THEORY" تشير إلى أن قيمة الوسط MEAN هي موزعة طبيعياً، وبناء على ذلك يمكن الجدل بأن كافة المعطيات المستخدمة في الحل بطريقة المربعات الصغرى لشبكة مسح هي موزعة طبيعياً.

1-11-1 قاعدة المربعات الصغرى

تتمثل معادلة منحني الاحتمال من :
حيث أن e هي دالة أسية و h هو مؤشر الدقة و λ هو احتمال وقوع الخطأ e .

لجعل π^2 تساوي A فلن:

وبإجراء التفاضل بالنسبة إلى h :

$$\frac{dy}{dh} = A(e^{-\lambda^2} + h(-2\lambda e^{-\lambda^2})) = A e^{-\lambda^2} (1 - 2h^2 e^2)$$

وعندما تكون λ بأكبر قيمة MAX :

$$\frac{dy}{dh} = 0 \quad \text{ie} \quad 1 - 2h^2 e^2 = 0 \quad \therefore e^2 = \frac{1}{2h^2}$$

وبإخذ الأخطاء بنظر الاعتبار :

$$e_1^2 + e_2^2 + \dots + e_n^2 = \frac{1}{2h_1^2} + \frac{1}{2h_2^2} + \dots + \frac{1}{2h_n^2}$$

$$[e^2] = \left[\frac{1}{2h^2} \right] \quad \text{عليه :}$$

وحيث أن h تمثل الدقة PRECISION فلن درجة ضبط القراءات ستزداد بزيادة h . مع ذلك فلن $(1/2h^2)$ تنظم بزيادة h . وهكذا فلن أعلى درجة ضبط سيتم الحصول عليها عندما :

$$[1/2h^2] = [e^2] = (\text{MINIMUM قيمة}) \quad \dots (22-1)$$

وبتحويل المعادلة إلى كلمات: "إن أكثر القيمة احتمالا لكمية ما، هي تلك التي يكون فيها مجموع مربعات الأخطاء (المترابكة) بالصفر قيمة". هذه هي قاعدة المربعات الصغرى كما هي مفهومة عموما من قبل المساحين. أما تعريفها الدقيق فقد سبق ذكره آنفاً.

هنالك طريقتان لتعديل القراءات بهذه التقنية وهما:

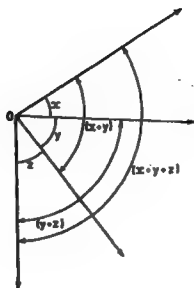
(A) "الطريقة غير المباشرة" والتي تستخدم معادلات الرصد
OBSERVATION EQNS. و

(B) "الطريقة المباشرة" والتي تستخدم المعادلات الشرطية
CONDITION EQNS.

وللطريقة غير المباشرة عدد من معادلات الرصد مساوي لعدد الزوايا والمسافات في الشبكة، وهكذا يمكن أن يصبح تناول المعلومات في الشبكات الكبيرة مشكلة على الكمبيوتر. أما الطريقة المباشرة فلها عدد أقل من المعادلات وبالقيمة عدد يساوي الظروف التي يجب الإبقاء بها. مع ذلك فالطريقة غير المباشرة لتغيير الإحداثيات تستخدم الآن عالمياً بسهولة تطبيقها على أي نوع من أنواع الشبكات، وهكذا فإن برنامج واحد بقي كافياً للمتطلبات، أيضاً، في الشبكات المعقدة حيث يوجد عدد من الكميات الفائضة REDUNDANCIES، يكون من الصعب جداً - إن لم يكن مستحيلاً - تكوين معادلات شرطية مرضية تماماً.

1-11-2 طريقة معادلات الرصد

لما كان الهدف من المشاهدات الحقلية هو الخروج بالقيمة الحقيقية أو القيمة الأكثر احتمالاً (MPV) لقياس ما، فإن التعديلات يجب أن تؤدي إلى أقل تغييرات ممكنة في قيمها شرط أن تحوي القياسات أخطاء عشوائية فقط، فمثلاً عند تعديل قيمة زاوية تبقي الدرجات والدقائق كما هي وتتغير الثواني فقط. وهكذا لأجل نقل القيمة بكاملها إلى الدرجات والدقائق والثواني إلى التعديل، هذا سيؤدي بكل بساطة إلى عمل إضافي عند التعامل مع الكميات الصغيرة. فالطريقة المقترحة هنا هي إذن فرض قيمة للكمية وتعيين التصحيح بواسطة المربعات الصغرى الذي سيعطي القيمة الأكثر احتمالاً (MPV) لتلك الكمية. ومن ذلك ينتج بأنه إذا كانت القيمة المفترضة للكمية أقرب ما يمكن من القيمة الأكثر احتمالاً فإن حجم التصحيح سيكون أصغر أيضاً. فمن الجملة الأولي يمكن الاستنتاج بأن أفضل قيمة للقيمة المفترضة هي القيمة المقاسة نفسها. وسوف يجري الآن حل تعديل بسيط لمحطة معينة لأجل توضيح هذه التقنية.



شكل 4-1

يجب (الشكل 4-1) القراءات المأخوذة التي محطات محيطية بالمحطة 0، وقد سجلت القيم الوسطية التالية:

$$\begin{aligned}
 x &= 25^{\circ} 18' 30'' \\
 y &= 40^{\circ} 20' 25'' \\
 z &= 30^{\circ} 30' 35'' \\
 (x+y) &= 65^{\circ} 38' 52'' > \text{قراءات إضافية فائضة} \\
 (y+z) &= 70^{\circ} 51' 02'' > \text{REDUNDANT} \\
 (x+y+z) &= 96^{\circ} 09' 31'' > \text{OBSERVATIONS}
 \end{aligned}$$

المطلوب من تعديل المربعات المفقودة إيجاد أكثر القيم احتمالاً لـ x و y و z .

"الخطوة 1 - افترض القيم A للكميات المطلوبة"، ودعمها
تساوي القيم المقاسة:

$$\begin{aligned}
 A_x &= 25^{\circ} 18' 30'' \\
 A_y &= 40^{\circ} 20' 25'' \\
 A_z &= 30^{\circ} 30' 35''
 \end{aligned}$$

"الخطوة 2 - كون معادلات الرصد، في تطبيق التصحيح على المفروضة يتم الحصول على القيم الأكثر احتمالا (MPV) :

$$A_x + v_1 = (x \text{ لـ احتمالاً})$$

$$A_y + v_2 = (y \text{ لـ احتمالاً})$$

$$A_z + v_3 = (z \text{ لـ احتمالاً})$$

وبإعطاء الرمز Q للقيم المرصودة ، سيكون واضحاً بأن الفرق بين القيمة الأكثر احتمالاً والقيمة المرصودة هو الخطأ المتبقى ١.٢:

$$(A_x + v_1) - Q_x = r \text{ (الخطأ في الزاوية x)}$$

$$١: \text{ (الخطأ المتبقى) = (القيمة المرصودة) - (MPV)}$$

وهكذا بتعويض القيم المفترضة من الخطوة 1 والقيم المرصودة من السؤال ينتج:

$$25^\circ 18' 30'' + v_1 - 25^\circ 18' 30'' = r_1 \quad \therefore v_1 = r_1$$

وهكذا ($v_2 = r_2$) و ($v_3 = r_3$) كما هو مبين في السؤال.

$$\text{أيضاً: } (A_x + v_1) + (A_y + v_2) - Q_{(x+y)} = r_4$$

$$١: (25^\circ 18' 30'' + v_1) + (40^\circ 20' 25'' + v_2) - 65^\circ 38' 52'' = r_4$$

كذلك بالنسبة لـ (y+z) :

$$(40^\circ 20' 25'' + v_2) + (30^\circ 30' 35'' + v_3) - 70^\circ 51' 02'' = r_5$$

$$\therefore v_2 + v_3 - 2'' = r_5$$

ثم بالنسبة إلى (x+y+z) :

$$(25^\circ 18' 30'' + v_1) + (40^\circ 20' 25'' + v_2) + (30^\circ 30' 35'' + v_3) - 96^\circ 09' 31'' = r_6$$

$$\therefore v_1 + v_2 + v_3 - 1'' = r_6$$

وهذه إذن أدناه هي معادلات الرصد المختصرة :

$$v_1 = r_1$$

$$v_2 = r_2$$

$$v_3 = r_3$$

$$v_1 + v_2 + 3'' = r_4$$

$$v_2 + v_3 - 2'' = r_5$$

$$v_1 + v_2 + v_3 - 1'' = r_6$$

الخطوة 3 - كَوْن المعادلات الطبيعية". ويجب التعبير
من شرط المربعات المقلص: (المضرب قيمة) $[r^2]=[r.r]=\text{MIN.}$
بتعبير من التصحيحات، أي: (المضرب قيمة) $[v.v]=\text{MIN.}$

فلذا كانت $P=[v.v]$ تصبح الشرط الذي يجعلها بالمضرب
قيمة:

$$\frac{\partial P}{\partial v_1} = \frac{\partial P}{\partial v_2} = \frac{\partial P}{\partial v_3} = 0$$

ومن معادلات الرصد:

$$P = v_1^2 + v_2^2 + v_3^2 + (v_1 + v_2 + 3'')^2 + (v_2 + v_3 - 2'')^2 + (v_1 + v_2 + v_3 - 1'')^2$$

$$\therefore \frac{\partial P}{\partial v_1} = 2v_1 + 2(v_1 + v_2 + 3'') + 2(v_1 + v_2 + v_3 - 1'') = 0$$

لن جعل المقدار مساويا للمضرب والتقسيم على 2 ثم جمع
الحدود المتشابهة سيعطى:

$$3v_1 + 2v_2 + v_3 + 2'' = 0$$

وبنفس الطريقة:

$$\frac{\partial P}{\partial v_2} = v_2 + (v_1 + v_2 + 3'') + (v_2 + v_3 - 2'') + (v_1 + v_2 + v_3 - 1'') = 0$$

$$= 2v_1 + 4v_2 + 2v_3 = 0$$

$$\frac{\partial P}{\partial v_3} = v_3 + (v_2 + v_3 - 2'') + (v_1 + v_2 + v_3 - 1'') = 0$$

$$= v_1 + 2v_2 + 3v_3 - 3'' = 0$$

وهذه إذن تسمى "المعادلات الطبيعية" وهي تلخص كما يلي:

$$\begin{array}{l} 3v_1 + 2v_2 + v_3 = -2'' \\ \left\{ \begin{array}{l} 2v_1 + 4v_2 + 2v_3 = 0 \\ v_1 + 2v_2 + 3v_3 = 3'' \end{array} \right. \end{array}$$

وهذه المعادلات هي بسيطة بحيث يمكن حلها بطرق التعويض
الاعتيادية معطية:

$$v_1 = -1'' \quad v_2 = -0.25'' \quad v_3 = 1.5''$$

وتعوض هذه القيم الآن في القيم المفترضة لتعطي القيم
الأكبر لاحتمالا (MPV):

$$= Ax + v_1 = 25^\circ 18' 30'' - 1'' = 25^\circ 18' 29.00'' \quad \text{لـ } x: \text{ (MPV)}$$

$$= Ay + v_2 = 40^\circ 20' 25'' - 0.25'' = 40^\circ 20' 24.75'' \quad \text{لـ } y: \text{ (MPV)}$$

$$= Az + v_3 = 30^\circ 30' 35'' + 1.5'' = 30^\circ 30' 36.50'' \quad \text{لـ } z: \text{ (MPV)}$$

ويمكن تقريب القيم الأكبر لاحتمالا الآن إلى أقرب ثانية
بشكل يتناسب مع دقة المعلومات الحقلية.

يجب على الطالب ملاحظة النقاط التالية باعثناء:

(1) تتسم "المعادلات الطبيعية" بالتماثل SYMMETRY من حيث أن المعادلات في الصف الأول تعاد في العمود الأول والمعادلات في الصف الثاني تعاد في العمود الثاني ، كما هو مؤشر بالاسهم.

(2) ولو ينصح باستخدام القيم المرصودة بدلا من القيم المفترضة ، لكن هذا ليس ملزما . فيعبر قيمة مختلفة سينتج تصحيحا مختلفا معطيا في النهاية نفس الـ (MPV).

(3) بالنظر لعدم استخدام الخطأ ٢ في هذه الطريقة فيمكن أن يهمل مستقبلا. وهكذا تكتب معادلات الرصد كما يلي:

$$\begin{aligned}v_1 &= 0 \\v_2 &= 0 \\v_3 &= 0 \\v_1 + v_2 + 3'' &= -3'' \text{ أي أن: } v_1 + v_2 + 3'' = 0 \\v_1 + v_2 &= 2'' \\v_1 + v_2 + v_3 &= 1''\end{aligned}$$

ومعاملة وكتابة هذه المعادلات بهذه الطريقة يجعلها سهلة التعامل جدا عندما تطبق في المل الميكانيكي باستخدام المعادلات العامة لقاعدة المربعات الصغرى.

3-11-1 المعادلات العامة للتعديل بقاعدة المربعات الصغرى

إن كتابة معادلات الرصد بالشكل العام يكون كما يلي:

$$\begin{aligned}a_1v_1 + b_1v_2 + c_1v_3 - Q_1 &= r_1 \\a_2v_1 + b_2v_2 + c_2v_3 - Q_2 &= r_2 \\a_3v_1 + b_3v_2 + c_3v_3 - Q_3 &= r_3\end{aligned}$$

أي: (الخطأ المتبقي) = (القيمة المرصودة) - (MPV)

ومن قاعدة المربعات الصغرى: (صفر قيمة) = [٢٢]

وهكذا فإن مربع r_1 يعطى:

$$r_1^2 = a_1^2v_1^2 + 2a_1b_1v_1v_2 + 2a_1c_1v_1v_3 - 2a_1Q_1v_1 + b_1^2v_2^2 + 2b_1c_1v_2v_3 - 2b_1Q_1v_2 + c_1^2v_3^2 - 2c_1Q_1v_3 + Q_1^2$$

وال تكرار لـ r_1 و ... و r_n سوف يغير معاملات $(a_n b_n c_n)$ و ... و $(a_n b_n c_n)$ فقط. وهكذا فجمع النتائج ووضع مجموع المربعات بشكلها المعروف ، أي [٢٢] كـ [٢٢] يعطى:

$$[rr] = [aa]v_1^2 + 2[ab]v_1v_2 + 2[ac]v_1v_3 - 2[aQ]v_1 + [bb]v_2^2 + 2[bc]v_2v_3 - 2[bQ]v_2 + [cc]v_3^2 - 2[cQ]v_3 + [QQ]$$

وحيث ان $([err] = (v_1, v_2, v_3))$ وبإجراء التفاضل والمساواة إلى الصفر في حالة القيمة الأصغر MINIMUM:

$$\frac{\partial f}{\partial v_1} = 2[aa]v_1 + 2[ab]v_2 + 2[ac]v_3 - 2[aQ] = 0$$

$$\frac{\partial f}{\partial v_2} = 2[ab]v_1 + 2[bb]v_2 + 2[bc]v_3 - 2[bQ] = 0$$

$$\frac{\partial f}{\partial v_3} = 2[ac]v_1 + 2[bc]v_2 + 2[cc]v_3 - 2[cQ] = 0$$

وهذه تتحول إلى شكل المعادلات الطبيعية العام كما يلي:

$$\left. \begin{aligned} [aa]v_1 + [ab]v_2 + [ac]v_3 &= [aQ] \\ [ab]v_1 + [bb]v_2 + [bc]v_3 &= [bQ] \\ [ac]v_1 + [bc]v_2 + [cc]v_3 &= [cQ] \end{aligned} \right\} \quad \dots \langle 23-1 \rangle$$

لاحظ التماثل للمرة الثانية. فإذا حفظ الطالب الآن هذا التعبير البسيط عن الغيب فإن ذلك سيسهل عليه حل المسائل النموذجية للمربعات المفقودة كثيرًا.

1-11-4 استخدام المعادلات العامة

خذ المثال السابق. حيث يتم تكوين معادلات الرصد بالطريقة الاعتيادية وتعاد كتابتها كما يلي:

$$\begin{aligned} v_1 &= 0 \\ v_2 &= 0 \\ v_3 &= 0 \\ v_1 + v_2 &= -3'' \\ v_1 + v_3 &= 2'' \\ v_1 + v_2 + v_3 &= 1'' \end{aligned}$$

حيث أن معاملات v_1 و v_2 و v_3 هي a و b و c على التوالي، وهكذا:

$$\left. \begin{aligned} av_1 &= 0 \\ bv_2 &= 0 \\ cv_3 &= 0 \\ av_1 + bv_2 &= -3'' \\ av_1 + cv_3 &= 2'' \\ av_1 + bv_2 + cv_3 &= 1'' \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{تعبير} \\ Q \end{array} \quad \begin{array}{l} \dots \langle A24-1 \rangle \\ \dots \langle B24-1 \rangle \\ \dots \langle C24-1 \rangle \\ \dots \langle D24-1 \rangle \\ \dots \langle E24-1 \rangle \\ \dots \langle F24-1 \rangle \end{array}$$

$$a = b = c = 1$$

ثم :

فالمصباح الموضوع الآن ببساطة هو موضوع تعويض المعاملات في (المعادلة العامة 23-1) كما يلي:

(1) المقدار $[aa]$ يعنى "مجموع مربعات المعاملات a "
ويستخرج من «معادلات الرمد A24-1 و D و F و هكذا»
(موضحة بنقطة مفردة) $[aa] = (1 \times 1) + (1 \times 1) + (1 \times 1) = 3$

(2) المقدار $[ab]$ يعنى "مجموع ضربى المعاملين a و b "
ويمكن الحصول عليه من «المعادلتين D24-1 و F». فقط.

فمثلا ، إذا كتبت «المعادلة A24-1» بالكامل سيكون
المعاملان b و c صفرا ، بينما فى «المعادلة B24-1» يكون
المعاملان a و c صفرا ، وعليه فمن الضروري إختيار تلك
المعادلات التى لا يكون فيها a و b معا صفرا .

$$[ab] = (1 \times 1) + (1 \times 1) = 2$$

أى عندما تكون النقطة المنفردة والمزدوجة معا .

(3) كذلك يمكن الحصول على $[ac]$ فقط من «المعادلة 1-
F24» وهى موضحة بنقطة مفردة وخط معا : $[ac] = (1 \times 1) = 1$

(4) المقدار $[aQ]$ هو "مجموع ضربى المعاملين a و Q " حيث
أن المعاملات Q هى القيم الرقمية المحصورة بين قوسين
والتي تسمى عموما بالمقادير "المطفة".

ويمكن الاثبات بأنه إذا ساوت المقادير المطفة صفرا
فى المعادلات الثلاث الاولى ، عندئذ يمكن إهمال هذه
المعادلات، وهكذا يمكن الحصول على $[aQ]$ فقط من
(المعادلتين D24-1 و F) . $[aQ] = (1 \times -3) + (1 \times 1) = -2$

وهكذا فإن أول سطر من مجموعة المعادلات الطبيعية
يكون:

$$3v_1 + 2v_2 + v_3 = -2$$

والذى يمكن كتابته - بسبب تماثل المعادلات - كما يلى:

$$3v_1 + 2v_2 + v_3 = -2$$

وبنفس الطريقة تماما ، وبلمحة بصر يمكن رؤية باقى
معاملات المعادلات الطبيعية:

(5) المقدار $[bb]$ من «المعادلات B24-1 و D و E و F» يساوى:
 $[bb] = (1 \times 1) + (1 \times 1) + (1 \times 1) + (1 \times 1) = 4$

(6) المقدار $[bc]$ من «المعادلتين E24-1 و F» يساوى:
 $[bc] = (1 \times 1) + (1 \times 1) = 2$

(7) المقدار $[bQ]$ من «المعادلات D24-1 و C و F» يساوى:
 $[bQ] = (1 \times -3) + (1 \times 2) + (1 \times 1) = 0$

وتعاد كتابة هذه المعادلات شاقولها لتعطي:

$$\begin{aligned} 3a_1 + 2a_2 + a_3 &= -2^* \\ 2a_1 + 4a_2 + 2a_3 &= 0 \\ a_1 + 2a_2 & \end{aligned}$$

(8) وأخيرا فلن $[C_c] = 3$ من \langle المعادلات C24-1 و F \rangle ،
كما أن $[C_Q] = 3^*$ من \langle المعادلتين E24-1 و F \rangle .

وهكذا تكون المجموعة الكاملة للمعادلات الطبيعية:

$$\begin{aligned} 3a_1 + 2a_2 + a_3 &= -2^* \\ 2a_1 + 4a_2 + 2a_3 &= 0 \\ a_1 + 2a_2 + 3a_3 &= 3^* \end{aligned}$$

وبمقارنة هذه المعادلات بتعين بانها مطابقة لتلك المعادلات المستخرجة سابقا من البتنية الأساسية، فيجب على الطلبة التمرن على الطريقة الميكانيكية التي تمكنهم من التحول السريع من معادلات الرصد إلى المعادلات الطبيعية، وعند كتابة معادلات الرصد ليس هنالك ضرورة لتسمية المعاملات a, b, c وإلخ لانهم من السهل تخيلها .

5-11-1 المعادلات العامة المتضمنة أوزان

لقد أهمل وزن كل قراءة لحد الآن لأجل تسهيل الفهم . مع ذلك فلن أي تعديل بطريقة المربعات الصغرى من دون إدخال الأوزان التسمية للقراءات يكون عقيما تماما . فعلى عندما تكون كافة القراءات بدقة متساوية وبدون ارتباط CORRELATION وبالتالي وزنها وحدة UNITY . يجب اتباع مبدأ الوزن أيضا .

وبدون ذكر طريقة الاستنتاج يكون تأثير الأوزان (w) :

$$[ww] = \left[\frac{w}{\sigma^2} \right] = \text{MINIMUM (اقل قيمة)}$$

وهكذا :

$$\begin{aligned} [wa]a_1 + [wb]a_2 + [wc]a_3 + \dots + [wn]a_n &= [w(2)] &> \\ [wb]a_2 + [wc]a_3 + \dots + [wn]a_n &= [w(2)] &> \dots \langle 25-1 \rangle \\ [wc]a_3 + \dots + [wn]a_n &= [w(2)] &> \end{aligned}$$

فخذ الآن المسألة الإلمية المتضمنة الأوزان:

$$\begin{aligned}x &= 25^{\circ}18'30'' \text{ (الوزن 4)} \\y &= 40^{\circ}20'25'' \text{ (الوزن 4)} \\z &= 30^{\circ}30'35'' \text{ (الوزن 4)} \\(x+y) &= 65^{\circ}38'52'' \text{ (الوزن 3)} \\(y+z) &= 70^{\circ}51'02'' \text{ (الوزن 2)} \\(x+y+z) &= 96^{\circ}09'31'' \text{ (الوزن 1)}\end{aligned}$$

لقد فرضت قيم لـ x و y و z وتم تكوين معادلات الرصد بنفس الأسلوب السابق تماماً كما مبين في الفقرة 11-2، وتكتب هذه المعادلات الآن بالأوزان كما يلي:

$$\begin{aligned}\nu_1 &= 0 \text{ (الوزن 4)} & \dots & \langle A26-1 \rangle \\ \nu_2 &= 0 \text{ (الوزن 4)} & \dots & \langle B26-1 \rangle \\ \nu_3 &= 0 \text{ (الوزن 4)} & \dots & \langle C26-1 \rangle \\ \nu_1 + \nu_2 &= -3'' \text{ (الوزن 3)} & \dots & \langle D26-1 \rangle \\ \nu_2 + \nu_3 &= 2'' \text{ (الوزن 2)} & \dots & \langle E26-1 \rangle \\ \nu_1 + \nu_2 + \nu_3 &= 1'' \text{ (الوزن 1)} & \dots & \langle F26-1 \rangle\end{aligned}$$

من (المعادلة 1-25):

$$\begin{aligned}[wac] &= (4 \times 1 \times 1) + (3 \times 1 \times 1) + (1 \times 1 \times 1) = 8 \quad \text{(من المعادلات } \langle A26-1 \rangle \text{ و } \langle D26-1 \rangle \text{ و } \langle F26-1 \rangle) \\ [wab] &= (3 \times 1 \times 1) + (1 \times 1 \times 1) = 4 \quad \text{(من المعادلتين } \langle F26-1 \rangle \text{ و } \langle D26-1 \rangle) \\ [wac] &= (1 \times 1 \times 1) = 1 \quad \text{(من المعادلة } \langle F26-1 \rangle) \\ [wAQ] &= (3 \times 1 \times -3'') + (1 \times 1 \times 1'') = -8'' \quad \text{(من المعادلتين } \langle D26-1 \rangle \text{ و } \langle F26-1 \rangle \text{ حيث } Q=0 \text{ في (المعادلة 1-26))}\end{aligned}$$

لما ما تبقي من المجموعة فيجب محاولته من قبل الطالب والذي سيعطي:

$$\begin{aligned}8\nu_1 + 4\nu_2 + \nu_3 &= -8'' \\ 4\nu_1 + 10\nu_2 + 3\nu_3 &= -4'' \\ \nu_1 + 3\nu_2 + 7\nu_3 &= 5''\end{aligned}$$

وقد تم حل هذه المعادلات ووجدت القيم التالية:

$$\nu_1 = -0.97'' \quad \nu_2 = -0.31'' \quad \nu_3 = +0.98''$$

وتطبق هذه القيم على القيم المفترضة الملائمة بالطرق الاعتيادية .

إن الطريقة المفضلة في حل المجاميع الكبيرة من المعادلات الطبيعية في أعمال المساحة هي طريقة تجزئة كوليسكي CHOLESKI'S DECOMPOSITION ، ولكن ، بما أن الحل بهذه

الطريقة يجب أن يتم من خلال برامج الكمبيوتر المتوفرة
فسوف لن يجرى هنا التطرق إليها .

11-6 طرق المصفوفة Matrix methods

إن الشكل المتبع للتعبير عن معادلات الرصد بشكل عام
لحد الآن هو غير تفليدي عن عمد ، وذلك لتسهيل الفهم
وتسهيل التعامل معها . وسيجرى الآن اتباع أسلوب أكثر
تفليديا لأجل شرح تطبيق المصفوفات .

معادلات الرصد من (الفقرة 3-11-1) هي:

$$\begin{aligned} a_{11}v_1 + a_{12}v_2 + \dots + a_{1n}v_n - q_1 &= r_1 \\ a_{21}v_1 + a_{22}v_2 + \dots + a_{2n}v_n - q_2 &= r_2 \\ \vdots & \\ a_{m1}v_1 + a_{m2}v_2 + \dots + a_{mn}v_n - q_m &= r_m \end{aligned}$$

إن الترتيب المبين أعلاه بـ m صفوف و n عمود يختلف عن
الشكل الأولي في (الفقرة 3-11-1) في أن المعاملات a و b و c
و... الخ قد استبدلت بـ q و Q بـ q لتتماشى مع رموز المتجهات،
وهكذا :

$$\begin{aligned} a &= (\text{معاملات معادلات الرصد}) \\ v &= (\text{التصحيات}) \\ q &= (\text{المقادير المطلقة}) \\ r &= (\text{الخطأ المتبقية}) \end{aligned}$$

وبشكل المصفوفة تكتب :

$$r = Av - q \quad \dots (27-1)$$

حيث أن: (متجه العمود بـ m من المقادير المتبقية) r
 $A =$ (مصفوفة بـ $m \times n$ من المعاملات)
 $v =$ (متجه العمود بـ n من التصحيحات)
 $q =$ (متجه العمود بـ m من المقادير المطلقة)

يتم الحصول على الحل بقاعدة المربعات الصغرى بتفليل
المقدار التربيعي $(r^T W r)$ إلى صفر قيمة أي أن $(\partial(r^T W r) = 0)$
حيث أن W هي مصفوفة قطرية موزونة بحجم $(m \times m)$.

$$\begin{aligned} r^T W r &= (Av - q)^T W (Av - q) \\ &= (v^T A^T - q^T) W (Av - q) \\ &= v^T (A^T W A)v - v^T (A^T W q) - (q^T W A)v + q^T W q \\ \partial(r^T W r) / \partial v &= 2(A^T W A)v - (A^T W q) - (q^T W A)^T = 0 \\ 2(A^T W A)v &= (A^T W q) + (A^T W^T q) = 2(A^T W q) \end{aligned}$$

وهكذا فالمعادلات الطبيعية هي:

$$(A^T W A)v = A^T W q \quad \dots (28-1)$$

والحل لأيجاد v هو:

$$v = (A^T W A)^{-1} A^T W q \quad \dots (29-1)$$

ويسمى المقدار $(A^T W A)^{-1}$ في (المعادلة 1-29) معروفة "التباين - التباين المشترك" MATRIX (VAR-COVAR) والتي سترد تطبيقاتها في (الفقرة 1-13-1).

سيجرى الآن حل المثال السابق بطرق المعروفة:
(1) يتم تكوين معادلات الرصد بالطريقة الاعتيادية ، وهي كما في (المعادلات 1-26). أي :

$$\begin{aligned} v_1 &= 0 \quad (\text{الوزن } 4) \\ v_2 &= 0 \quad (\text{الوزن } 4) \\ v_3 &= 0 \quad (\text{الوزن } 4) \\ v_1 + v_2 &= -3 \quad (\text{الوزن } 3) \\ v_1 + v_3 &= 2 \quad (\text{الوزن } 2) \\ v_1 + v_2 + v_3 &= 1 \quad (\text{الوزن } 1) \end{aligned}$$

(2) ويتم تكوين المعادلات من معادلات الرصد كما يلي:

$$A_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad A_2 W_2 = \begin{bmatrix} 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 4 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$Q^T = (0 \quad 0 \quad 0 \quad -3 \quad 2 \quad 1)$$

حيث أن A تحتوي على المعاملات v_1 و v_2 و v_3 كلها وحدة و Q تحتوي على الحدود المطلقة ولا تحتوي على الأوزان.

(3)

$$(A^T W A)_1 = \begin{bmatrix} 8 & 4 & 1 \\ 4 & 10 & 3 \\ 1 & 3 & 7 \end{bmatrix} \quad (A^T W q)_1 = \begin{bmatrix} -8 \\ -4 \\ 5 \end{bmatrix}$$

لأن التعبير أعلاه هو عبارة عن المعادلات الطبيعية كما هو مذكور في (الفقرة 1-11-5).

$$(A^T W A)_1^{-1} = \begin{bmatrix} 0.16 & -0.06 & 0.01 \\ -0.06 & 0.14 & -0.05 \\ 0.01 & -0.05 & 0.16 \end{bmatrix}$$

$$V = (A^T W A)^{-1} A^T W q$$

$$\begin{aligned} V^T &= (-0.07 \quad -0.31 \quad 0.98) \quad \text{لذن :} \\ v_1 &= -0.97 \quad , \quad v_2 = -0.31 \quad , \quad v_3 = +0.98 \quad \text{أي أن :} \end{aligned}$$

والاجوبة بالطبع هي مطابقة لتلك التي يتم الحصول عليها بالطرق التقليدية .

يتم تكوين المعادلات الشرطية في هذه الطريقة بموجب شروط التعديل التي يجب الإبقاء بها . ولأجل تقبل عدد المعادلات الطبيعية تضرب كل معادلة شرطية بمعامل ضرب MULTIPLIER مجهول يحدد "معامل الارتباط - CORRELATIVE MULTIPLIER" أو "معامل لاگرانج LAGRANGIAN MULTIPLIER". يتم بعدها تركيب المعادلات الشرطية الناتجة في شرط المربعات الصغرى، وبعد إجراء التفاضل يعبر عنها بدالة خطية لمعامل الارتباط، وبالتعويض في المعادلات الشرطية ينتج طاقما من المعادلات الطبيعية المرتبطة مساويا بالعدد الذي عدد الشروط، ثم يتم حل المعادلات لإيجاد قيم معاملات الارتباط والتي يمكن أن يعبر عنها بعدد بالتسميات .

وسوف يجرى الآن شرح الطريقة بالتفصيل، باستخدام المسألة المحولة بالطريقة السابقة، وهكذا عادة كتابة السؤال:

$$x = 25^{\circ}18'30''$$

$$y = 40^{\circ}20'25''$$

$$z = 30^{\circ}30'35''$$

$$x + y = 65^{\circ}38'52''$$

$$y + z = 70^{\circ}51'02''$$

$$x + y + z = 96^{\circ}09'31''$$

وبتمحيم (الشكل 4-1) تتبين شروط التعديل بوضوح كما يلي:

$$x + y = (x + y)$$

$$y + z = (y + z)$$

$$x + y + z = (x + y + z)$$

مع ذلك فإن هذه الشروط هي صحيحة فقط بالنسبة للقيمة الأكثر احتمالا (MPV)، وهكذا تطبق التصحيحات δx و δy و δz لتعطين:

$$x + \delta x + y + \delta y = (x + y) + \delta_1$$

$$y + \delta y + z + \delta z = (y + z) + \delta_2$$

$$x + \delta x + y + \delta y + z + \delta z = (x + y + z) + \delta_3$$

إن المهم في هذه الطريقة هو استخدام العدد اللازم من الشروط ، واستخدام عدد قليل يؤدي إلى الأخطاء ، بينما يؤدي استخدام العدد الكبير من الشروط إلى حسابات كبيرة . فالقاعدة لإقرار العدد اللازم من الشروط هي : " عدد الكميات المقاسة مباشرة ناقصا عدد المجاهيل المستقلة يساوي عدد الشروط المطلوبة " .

ففي الحالة المذكورة سابقا يكون :

عدد الكميات المقاسة مباشرة يساوي 6

عدد المجاهيل المستقلة يساوي 3 ، أي x و y و z .

وهكذا يجب استخدام كافة الشروط أعلاه .

عند استخدام طريقة معاملات الارتباط CORRELATIVES يجب ملاحظة النقاط التالية :

- (I) تطبق التصحيحات على كافة الكميات الداخلة .
- (II) وتطبق هذه التصحيحات على الكميات المقاسة مباشرة ،

قد يريد قيم مقترضة.

وبالتعويض في شروط التعديل يكون لدينا :

$$\begin{aligned} x + v_1 + y + v_2 &= (x + y) + v_4 \\ \text{MPV} \quad \text{MPV} \quad \text{MPV} \\ \therefore 25^\circ 18' 30'' + v_1 + 40^\circ 20' 25'' + v_2 &= 65^\circ 38' 52'' + v_4 \end{aligned}$$

لذن :

$$\begin{aligned} v_1 + v_2 - v_4 + 3'' &= 0 \\ \text{معطية :} \\ \dots <30-1> \end{aligned}$$

وبنفس الطريقة للشروطين الحاقطين:

$$\begin{aligned} 40^\circ 20' 25'' + v_2 + 30^\circ 30' 35'' + v_3 &= 70^\circ 51' 02'' + v_5 \\ \therefore v_2 + v_3 - v_5 - 2'' &= 0 \end{aligned}$$

... <31-1>

$$\begin{aligned} 25^\circ 18' 30'' + v_1 + 40^\circ 20' 25'' + v_2 + 30^\circ 30' 35'' + v_3 &= 96^\circ 09' 31'' + v_6 \\ \therefore v_1 + v_2 + v_3 - v_6 - 1'' &= 0 \end{aligned}$$

ثم : ... <32-1>

فكل معادلة شرطية تضرب الان بمعامل الارتباط k :

$$\begin{aligned} k_1(v_1 + v_2 - v_4 + 3'') &= 0 \\ k_2(v_2 + v_3 - v_5 - 2'') &= 0 \\ k_3(v_1 + v_2 + v_3 - v_6 - 1'') &= 0 \end{aligned}$$

ولتسهيل الحل، تضرب كل من معادلات الارتباط CORRELATIVE EQUATIONS اعلاه ب(-2) ومن ثم تتركب في قاعدة المربعات الصغرى لتعطى الدالة التالية :

$$\begin{aligned} v_1^2 + v_2^2 + v_3^2 + v_4^2 + v_5^2 + v_6^2 - 2k_1(v_1 + v_2 - v_4 + 3'') - 2k_2(v_2 + v_3 - v_5 - 2'') \\ - 2k_3(v_1 + v_2 + v_3 - v_6 - 1'') = \text{a minimum} \end{aligned}$$

وبإجراء التفاضل نسجدة التي كل متغير على التوالي ثم بمساواتها الى الصفر ، يكون لدينا :

$$\begin{aligned} 2v_1 - 2k_1 - 2k_3 &= 0 & \therefore v_1 &= k_1 + k_3 \\ 2v_2 - 2k_1 - 2k_2 - 2k_3 &= 0 & \therefore v_2 &= k_1 + k_2 + k_3 \\ 2v_3 - 2k_2 - 2k_3 &= 0 & \therefore v_3 &= k_2 + k_3 \\ 2v_4 + 2k_1 &= 0 & \therefore v_4 &= -k_1 \\ 2v_5 + 2k_2 &= 0 & \therefore v_5 &= -k_2 \\ 2v_6 + 2k_3 &= 0 & \therefore v_6 &= -k_3 \end{aligned}$$

وبعاد الآن تعويض دالات الارتباط CORRELATIVE FUNCTIONS في المعادلات الشرطية، فبالتعويض في:

$$\begin{aligned} v_1 + v_2 - v_4 + 3'' &= 0 \\ (k_1 + k_3) + (k_1 + k_2 + k_3) - (-k_1) + 3'' &= 0 \\ \therefore 3k_1 + k_2 + 2k_3 + 3'' &= 0 \end{aligned}$$

يعطى :
لذن :

$$\begin{aligned} v_2 + v_3 - v_5 - 2'' &= 0 \\ \therefore (k_1 + k_2 + k_3) + (k_2 + k_3) - (-k_2) - 2'' &= 0 \\ \therefore k_1 + 3k_2 + 2k_3 - 2'' &= 0 \end{aligned}$$

وبنفس الطريقة :
لذن :
لذن :

$$\begin{aligned} v_1 + v_2 + v_3 - v_6 - 1'' &= 0 \\ \therefore (k_1 + k_3) + (k_1 + k_2 + k_3) + (k_2 + k_3) - (-k_3) - 1'' &= 0 \\ \therefore 2k_1 + 2k_2 + 4k_3 - 1'' &= 0 \end{aligned}$$

كذلك :
لذن :

وبتجميع المعادلات الطبيعية المرتبطة معا :

$$\begin{aligned} 3k_1 + k_2 + 2k_3 + 3'' &= 0 &> \\ k_1 + 3k_2 + 2k_3 - 2'' &= 0 &> \text{(لاحظ التماثل)} \\ 2k_1 + 2k_2 + 4k_3 - 1'' &= 0 &> \end{aligned}$$

بالحل ينتج : $(k_1 = -1.75'')$ و $(k_2 = 0.75'')$ و $(k_3 = 0.75'')$ ،
وتحتوي هذه القيم الآن في الدالات اعلاه للحصول على
التصحيات :

$$\begin{aligned} v_1 = k_1 + k_2 &= -1'' & v_4 = -k_1 &= +1.75'' \\ v_2 = k_1 + k_2 + k_3 &= -0.25'' & v_5 = -k_2 &= -0.75'' \\ v_3 = k_2 + k_3 &= +1.50'' & v_6 = -k_3 &= -0.75'' \end{aligned}$$

وتطبق هذه التصحيحات الآن على القيم المرصودة ذات
الملائقة لتعطي القيم الأكثر احتمالا (MPV) :

$$\begin{aligned} x &= 25^\circ 18' 30'' + v_1 = 25^\circ 18' 29'' \\ y &= 40^\circ 20' 25'' + v_2 = 40^\circ 20' 24.75'' \\ z &= 30^\circ 30' 35'' + v_3 = 30^\circ 30' 36.50'' \\ (x+y) &= 65^\circ 38' 52'' + v_4 = 65^\circ 38' 53.75'' \\ (y+z) &= 70^\circ 51' 02'' + v_5 = 70^\circ 51' 1.25'' \\ (x+y+z) &= 96^\circ 09' 31'' + v_6 = 96^\circ 09' 30.25'' \end{aligned}$$

ويمكن الآن تقريب ال (MPV) التي اقرب ثانية تمثيلاً مع دقة
المعلومات العقلية.

لاحظ بأن : (I) القيم الأكثر احتمالا ل x و y و z هي مطابقة
لذلك القيم المستخرجة من طريقة المعادلة الرصد (II) القيم
الأكثر احتمالا المدرجة اعلاه تعني بكافة شروط التمثيل
المطلوبة (III) في هذه المسألة بالذات ، لا توجد قاعدة
كبيرة من استخدام المعادلات الشرطية بدلا من معادلات
الرصد (IV) لأن التسطيل الذي كتبت فيه المعادلات الشرطية
غير مهم. ثم (V) على الطلبة الآن دراسة كلا الطريقتين
وملاحظة الفرق بينهما في العمل.

1-11-8 الشكل العام لمعاملات الارتباط

تكتب المعادلات الشرطية بشكلها العام كالتالي :

$$\begin{aligned} a_1v_1 + a_2v_2 + \dots + a_nv_n + q_1 &= 0 \\ b_1v_1 + b_2v_2 + \dots + b_nv_n + q_2 &= 0 \\ c_1v_1 + c_2v_2 + \dots + c_nv_n + q_3 &= 0 \end{aligned}$$

ثم تضرب كل من هذه المعادلات بمعامل مجهول ، ويمكن ان
تكتب بالشكل التالي :

$$k_1(a_1v_1 + a_2v_2 + \dots + a_nv_n + q_1) + k_2(b_1v_1 + b_2v_2 + \dots + b_nv_n + q_2) + k_3(c_1v_1 + c_2v_2 + \dots + c_nv_n + q_3) = 0$$

وبموجب قاعدة المربعات الصغرى فإن $\sum v^2$ تساوي اصغر
قيمة. مع هذا ، فالاصغر قيمة هي ايضا بدلالة المعادلات
الشرطية. وهكذا ، لما كان الضرب بالمعامل (-2) لا يؤثر
على الاصغر قيمة ويسهل الحل ، يمكن كتابة الدالة الكلية
F كما يلي :

$$F = v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_n^2 - 2k_1(a_1v_1 + a_2v_2 + \dots + a_nv_n + q_1) \\ - 2k_2(b_1v_1 + b_2v_2 + \dots + b_nv_n + q_2) \\ - 2k_3(c_1v_1 + c_2v_2 + \dots + c_nv_n + q_3) \\ = \text{MIN (قيمة قديمة)}$$

وبلجراء التفاضل نسبة إلى كل متغير على التوالي ثم المساواة إلى الصفر تعطى:

$$\frac{\partial F}{\partial v_1} = 2v_1 - 2k_1a_1 - 2k_2b_1 - 2k_3c_1 = 0$$

$$\frac{\partial F}{\partial v_2} = 2v_2 - 2k_1a_2 - 2k_2b_2 - 2k_3c_2 = 0$$

$$\frac{\partial F}{\partial v_n} = 2v_n - 2k_1a_n - 2k_2b_n - 2k_3c_n = 0$$

والتي ينتج منها :

$$v_1 = k_1a_1 + k_2b_1 + k_3c_1$$

$$v_2 = k_1a_2 + k_2b_2 + k_3c_2$$

$$v_n = k_1a_n + k_2b_n + k_3c_n$$

وبتعويض هذه القيم في المعادلات الشرطية الأصلية ووضع K محل (المجرد التأكيد على شكل المعادلة) يعطى الشكل العام للمعادلات الطبيعية المترابطة كما يلي :

$$\left. \begin{aligned} K_1[aa] + K_2[ab] + K_3[ac] + q_1 &= 0 \\ K_1[ab] + K_2[bb] + K_3[bc] + q_2 &= 0 \\ K_1[ac] + K_2[bc] + K_3[cc] + q_3 &= 0 \end{aligned} \right\} \dots \langle 33-1 \rangle$$

من المهم ملاحظة تماثل المعادلات، ويمكن للطالب أن يرى بأن هذه المعادلات هي مطابقة تماما للمعادلات السابقة المستخرجة من طريقة معادلة الرصد بل جلال التصحيح ∇ محل معاملات الارتباط K .

مرة أخرى، يمكن استخدام هذه المعادلات ميكانيكيا للحصول على المعادلات الطبيعية من المعادلات الشرطية مباشرة. ويتم الحصول على المعادلات الشرطية كما يجبنا، وهي كما يلي :

$$v_1 + v_2 - v_4 + 3'' = 0$$

$$v_2 + v_3 - v_5 - 2'' = 0$$

$$v_1 + v_2 + v_3 - v_6 - 1'' = 0$$

فلذا ضرب الطالب كل معادلة بالمعامل K فنلها ستظهر كما يلي:

$$K_1(v_1 + v_2 - v_4 + 3'') = 0 \dots \langle A34-1 \rangle$$

$$K_2(v_2 + v_3 - v_5 - 2'') = 0 \dots \langle B34-1 \rangle$$

$$K_3(v_1 + v_2 + v_3 - v_6 - 1'') = 0 \dots \langle C34-1 \rangle$$

من الاستنتاج الأولى (انظر أعلاه) يمكن رؤية أن كافة معادلات المعادلة $A34-1$ هي a ومعادلات المعادلة $B34-1$ هي b ومعادلات المعادلة $C34-1$ هي c ، وعليه ستعاد كتابة المعادلات لتبسيط شرح الطريقة فقط :

$$K_1(a_1v_1 + a_2v_2 - a_4v_4 + 3'') = 0 \dots \langle A35-1 \rangle$$

$$K_2(b_2v_2 + b_3v_3 - b_5v_5 - 2'') = 0 \dots \langle B35-1 \rangle$$

$$K_3(c_1v_1 + c_2v_2 + c_3v_3 - c_6v_6 - 1'') = 0 \dots \langle C35-1 \rangle$$

حيث في هذه الحالة :
وبأخذ حدود المعادلة العامة واحدا نلوا الآخر :

$$K_1[aa] = K_1\{(1 \times 1) + (1 \times 1) + (-1 \times -1)\} = 3K_1$$

الناجئة من (المعادلة 1-35) فقط ، أي مجموع مربعات المعاملات :

$$K_2[ab] = K_2\{(1 \times 1)\} = K_2$$

أيضا :
الناجئة من (المعادلتين 1-35 و 1-35B) بمجرد ضرب معاملات الحدود المتشابهة والتي في هذه الحالة هي $(a_2 \times b_2)$:

$$K_3[ac] = K_3\{(1 \times 1) + (1 \times 1)\} = 2K_3$$

أيضا :
هي ناتجة من (المعادلتين 1-35 و 1-35C) ، أي $a_1 \times c_1 + a_2 \times c_2$.
ولما كانت المعادلات متماثلة فلن بإمكان الطالب كتابة أول صف وأول عمود على التو :

$$3K_1 + K_2 + 2K_3 + 3'' = 0$$

$$K_1$$

$$2K_1$$

وعلى الطالب الآن إكمال الطاقم بنفسه بالشكل العام بواسطة التعميم البصري ، وبدون الحاجة إلى كتابتها بالتفصيل المبين أعلاه . ويجب أن يكون الطاقم الكامل طبقا :

$$3K_1 + K_2 + 2K_3 + 3'' = 0$$

$$K_1 + 3K_2 + 2K_3 - 2'' = 0$$

$$2K_1 + 2K_2 + 4K_3 - 1'' = 0$$

ويمكن استخدام المعادلات الشرطية الآن لتعطى العلاقة بين K_1 و K_2 و K_3 :

بالرجوع إلى (المعادلة 1-34) يتبين بأن K_1 ترتبط بـ K_2 في (المعادلة 1-34A) وبـ K_3 في (المعادلة 1-34C) ، وعليه فلن :

$$v_1 = K_1 + K_2$$

وبنفس الطريقة تظهر في المعادلات الثلاث باجمعها ، عليه :

$$v_2 = K_1 + K_2 + K_3$$

ويظهر في (المعادلتين 1-34B و 1-34C) ، وهي بذلك ترتبط بـ $(K_2 + K_3)$ وهكذا .

وعلى الطالب إكمال الباقي ومقارنة نتائجه بتلك التي سبق وأن وجدت في (الفقرة 1-11-7) .

1-11-9 المعادلات العامة المتضمنة أوزان

$$\left. \begin{aligned} K_1 \left[\frac{aa}{w} \right] + K_2 \left[\frac{ab}{w} \right] + K_3 \left[\frac{ac}{w} \right] + q_1 &= 0 \\ K_2 \left[\frac{bb}{w} \right] + K_3 \left[\frac{bc}{w} \right] + q_2 &= 0 \\ K_3 \left[\frac{cc}{w} \right] + q_3 &= 0 \end{aligned} \right\} \dots (1-36)$$

لاحظ بأن مطلوبات الاوزان في هذه الحالة هي المستخدمة هنا. مع ذلك ، لما كانت الاوزان موزعة لدرجة الضبط النسبي RELATIVE ACCURACY فلنحتمل ان تضرب بثابت مناسب C لتعطي معادلات مشابهة للمعادلات المشار اليها سابقا ويمكن التعامل معها بصورة اسهل وهكذا ، لما كانت $((1/w) \times C = 1/w)$ فيمكن كتابة المعادلة :

$$K_1[Waa] + K_2[Wab] + K_3[Wac] + q_1 = 0$$

والخ

ولتوضيح الحالة. خذ ثلاث كميات x و y و z باوزان مختلفة كالتى مبينة في الجدول 2-1.

الكمية	w	1/w	C	$W = (1/w) \times C$
x	1	1	4	4
y	2	1/2	4	2
z	4	1/4	4	1

جدول 2-1

سوف يتم الان إعادة كتابة مثال الاوزان السابق وشيخري حله باستخدام معاملات الارتباط :

$$x = 25^\circ 18' 30'' \text{ (الوزن هو 4)}$$

$$y = 40^\circ 20' 25'' \text{ (الوزن هو 4)}$$

$$z = 30^\circ 30' 35'' \text{ (الوزن هو 4)}$$

$$(x+y) = 65^\circ 38' 52'' \text{ (الوزن هو 3)}$$

$$(y+z) = 70^\circ 51' 02'' \text{ (الوزن هو 2)}$$

$$(x+y+z) = 96^\circ 09' 31'' \text{ (الوزن هو 1)}$$

وحيث ان نسب مطلوبات الاوزان هي التى ستستخدم ، فلن ثابت الضرب في هذه الحالة سيكون هو العامل المشترك 12 . مع ذلك ، قبل همال الاوزان في هذه المرحلة يتم الحصول على المعادلات الشرطية كالسابق :

$$K_1(v_1 + v_2 - v_4 + 3'') = 0$$

$$K_2(v_2 + v_3 - v_5 - 2'') = 0$$

$$K_3(v_1 + v_3 + v_5 - v_6 - 1'') = 0$$

وحيث ان لاحتواء الاوزان يمكن ان يسبب الارباك في بعض الاحيان ، فلن يجب اتباع الاسلوب المبين في الجدول 3-1

	$W = (1/w) \times C$	a	b	c	Waa	Wab	Wac	Wbb	Wbc	Wcc
v_1	$3 = \frac{1}{2} \times 12$	1		1	3	0	3	0	0	3
v_2	$3 = \frac{1}{2} \times 12$	1	1	1	3	3	3	3	3	3
v_3	$3 = \frac{1}{2} \times 12$		1	1	0	0	0	3	3	3
v_4	$4 = \frac{1}{3} \times 12$	-1			4	0	0	0	0	0
v_5	$6 = \frac{1}{2} \times 12$		-1		0	0	0	6	0	0
v_6	$12 = 1 \times 12$			-1	0	0	0	0	0	12

جدول 3-1

$$[] = \begin{matrix} 10 & 3 & 6 & 12 & 6 & 21 \end{matrix}$$

$$\begin{aligned} 10K_1 + 3K_2 + 6K_3 + 36^\circ &= 0 \\ 12K_2 + 6K_3 - 24^\circ &= 0 \\ 21K_3 - 12^\circ &= 0 \end{aligned} \quad \text{المعادلات الطبيعية:}$$

لاحظ جيدا: تضرب الحدود المطلقة بـ (C=12) لموازنة المعادلة

بالحل ينتج: $(K_1 = -5.17)$ و $(K_2 = 2.65)$ و $(K_3 = 1.29)$
والان تستخرج العلاقة بين الازخلاف المتبقية و معاملات
الارتباط بنفس الطريقة المذكورة في الفقرة 1-11-7 ومن
ثم تضرب بـ $(1/w)$ وكما يلي:

$$v_1 = \frac{1}{w_1} (K_1 + K_2) = \frac{1}{4} (-5.17 + 1.29) = -0.97^\circ$$

$$v_2 = \frac{1}{w_2} (K_1 + K_2 + K_3) = \frac{1}{4} (-5.17 + 2.65 + 1.29) = -0.31^\circ$$

$$v_3 = \frac{1}{w_3} (K_2 + K_3) = \frac{1}{4} (2.65 + 1.29) = 0.99^\circ$$

$$v_4 = \frac{1}{w_4} (-K_1) = \frac{1}{4} (+5.17) = 1.72^\circ$$

$$v_5 = \frac{1}{w_5} (-K_2) = \frac{1}{4} (-2.65) = -1.33^\circ$$

$$v_6 = \frac{1}{w_6} (-K_3) = \frac{1}{4} (-1.29) = -1.29^\circ$$

وتطبق هذه التصحيحات الان على القيم المرصودة x, y, z ؛
 $(x+y+z)+v_1$ و $(x+y)+v_2$ و $(y+z)+v_3$ و $(x+z)+v_4$ و $(x+y)+v_5$ و $(y+z)+v_6$
للمحول على القيم الاكثر احتمالا (MPV). وستبقى هذه القيم
بشرط المربعات المضرن و بشروط التعديل.

الطريقة

(1) المعلومات المدخلة في اول عمودين توضح نفسها
(2) ادخل معاملات "معوق" المعادلات الشرطية في "الاعمدة"
المناسبة.

(3) اكمل بقية الاعمدة حسيما تشير عناوينها، اي:

$$\begin{aligned} W_{aa} &= 3 \times 1 \times 1 = 3 & W_{ab} &= 3 \times 1 \times 0 = 0 \\ W_{ac} &= 3 \times 1 \times 1 = 3 & \text{etc.} \end{aligned}$$

(4) اكمل طاقم المعادلات الطبيعية اعلاه حسب تماثلها، اي
الصف 1 في العمود 1 ... والخ.

(5) تستخرج العلاقة بين K و v من المعادلات الشرطية بنفس
الطريقة المبينة في الفقرة 1-11-7 تماما ثم تضرب
بـ $(1/w)$.

وسوف يتم شرح تطبيق هذه التقنيات بتفصيل اكثر على
تعديل المحطة ودوائر التسوية EVELLING CIRCUITS وتعديل
ارقام الشبكة، وذلك في القسم الخامس بالامثلة المحولة
لبتداء من صفحة 59.

1-11-10 طرق المصفوفة (المباشرة)

لن إعادة كتابة المعادلات الشرطية (المصفوفة 1-11-8) بشكل
ماتريks أكثر يعطى :

$$\begin{aligned} a_{11}v_1 + a_{12}v_2 + \dots + a_{1n}v_n &= q_1 \\ a_{21}v_1 + a_{22}v_2 + \dots + a_{2n}v_n &= q_2 \\ a_{m1}v_1 + a_{m2}v_2 + \dots + a_{mn}v_n &= q_m \end{aligned}$$

والتي بصيغ المصفوفة هي:

$$Av = q \quad \dots (37-1)$$

فابجاد المصفوفة الموزونة A ومتجه معاملات الارتباط k ،
وبجعل المقدار التربيعي $(v - A^{-1}k)^T(v - A^{-1}k)$ بأصغر قيمة له يعطى:

$$v = W^{-1}A^T k \quad \dots (38-1)$$

والتي إذا ما عوضت في المعادلة (37-1) تعطى المعادلات
الطبيعية:

$$(AW^{-1}A^T)k = q \quad \dots (39-1)$$

وهكذا يتم حل المعادلات الطبيعية لاجاد قيمة k التي بعد
تعويضها في المعادلة (38-1) لتعطى v وبشكل آخر، يمكن
تركيب المصفوفتين باستخدام:

$$v = W^{-1}A^T(AW^{-1}A^T)^{-1}q \quad \dots (40-1)$$

وبلستخدام المصفوفات يصبح المثال السابق كالتالى:
(1) لن معاملات المعادلة الشرطية والحدود المطلقة، كما
في (المصفوفة 1-11-9)، هي :

$$A = \begin{bmatrix} v_1 & v_2 & v_3 & v_4 & v_5 & v_6 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & -1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \quad q = \begin{bmatrix} -3 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix}$$

(2) الأوزان هي :

$$W = \begin{bmatrix} 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 4 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(3) والآن تعامل المصفوفات كما في (المعادلة 39-1):

$$W^{-1} = \begin{bmatrix} 0.25 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.25 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.25 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.33 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$(AW^{-1}A^T) = \begin{bmatrix} 0.83 & 0.25 & 0.50 \\ 0.25 & 1.00 & 0.50 \\ 0.50 & 0.50 & 1.75 \end{bmatrix}$$

$$(AW^{-1}A^T)^{-1}q = \begin{bmatrix} 1.48 & -0.19 & -0.37 \\ -0.19 & 1.19 & -0.29 \\ -0.37 & -0.29 & 0.76 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -3'' \\ 2'' \\ 1'' \end{bmatrix} = k$$

$$\therefore k^T = [-5.19 \quad 2.66 \quad 1.29] = k_1 \quad k_2 \quad k_3$$

لذن :

والان :

$$p = W^{-1}A^T k$$

$$\therefore v^T = [-0.98'' \quad -0.31'' \quad 0.99'' \quad 1.71'' \quad -1.33'' \quad -1.29'']$$

لذن :

وتطبق الآن قيم v_1, v_2, v_3, \dots ونحسب اعلاه على القيم المرصودة كما مبين سابقا .

1-12 تغيير الاحداثيات

في الواقع ، تعتبر طريقة تغيير الاحداثيات "للتعديل-والتي هي اساسا طريقة المربعات المصغر" باستخدام معادلات الرصد - بانها الطريقة القياسية في تعديل الشبكات ، ويعزى ذلك الى :

(A) لانها لا تعتمد على تكوين شروط التعديل والذي يمكن ان يكون صعبا ، لان لم يكن مستمبلا ، في الشبكات المعقدة التي تحتوي على عدد كبير من الكميات الفائضة-REDUNDA CIES .

(B) يمكن تطبيق التقنية على كافة انواع الشبكات ، اي شبكات التثليث بغير الزوايا TRIANGULATION وشبكات التثليث بغير الاضلاع TRILATERATION وشبكات التثليث بغير الزوايا والاضلاع TRIANGULATION وشبكات التثليث TRAVERSING ، وبذلك يمكن استخدام برنامج كمبيوتر واحد. (C) لان التقنية توفر تحليلا متكاملا لقوة الشبكة "المعدلة" النهائية.

لان هذه الطريقة هي عملية تكرارية ، يتم فيها احتساب التصحيحات الضرورية للاحداثيات $(\delta E, \delta N)$ لتطبيقها على طاقم من الاحداثيات الوقتية لاجل تصحيح الشكل الهندسي لكامل الشبكة .

1-12-1 معادلات الرصد

تتطلب الطريقة اعلاه تكوين معادلة رصد لكل متوسط قراءة داخلية في الشبكة . وتأخذ هذه المعادلات الشكل التالي :

(1) معادلات الطول LENGTH EQUATIONS

خذ الطول (زأ) في الشبكة بقيمة مرمودة مقدارها (O_{زأ})، فمن الاحداثيات الوقتية PROVISIONAL ل أ و ز يمكن الحصول على القيمة المحسوبة للطول (C_{زأ})، وحيث أن قيم إحداثيات أ و ز الوقتية ستعدل بالمقدارين δE و δN فلن المسافة المحسوبة ستتغير بمقدار (δ_{زأ})، وهذه المسافة الأخيرة المعدلة يجب أن تساوي القيمة الأكثر احتمالاً، أي المسافة المرمودة OBSERVED زأ كما تصحيحها (ص)، وهكذا يكون لدينا

$$O_{زأ} + \delta_{زأ} = O_{زأ} + v_{زأ} \quad \text{أيضاً ؛}$$

$$\delta_{زأ} = (O_{زأ} - C_{زأ}) + v_{زأ} \quad \text{والآن ، وحيث أن ؛}$$

$$\delta_{زأ} = (E_j - E_i)^2 + (N_j - N_i)^2$$

$$l_{زأ} = (E_j - E_i)(\delta E_j - \delta E_i)/l_{زأ} + (N_j - N_i)(\delta N_j - \delta N_i)/l_{زأ}$$

ولكن ، لما كانت ؛ $(E_j - E_i)/l_{زأ} = \sin \alpha_{زأ}$
 وحيث أن (زأ) هي الاتجاه الزاوي للخط (زأ)، وهكذا يمكن أن
 نكتب المعادلة 41-1 كالتالي ؛

$$-\delta E_i \sin \alpha_{زأ} - \delta N_i \cos \alpha_{زأ} + \delta E_j \sin \alpha_{زأ} + \delta N_j \cos \alpha_{زأ} - (O - C)_{زأ} = v_{زأ} \quad \text{42-1.}$$

وهذه هي معادلة الرصد للطول (زأ) .

(2) معادلة الاتجاه الزاوي

لذا كانت (زأ) هي الاتجاه الزاوي للخط (زأ)، فلنبتداء من نفس الجدال الأولى أعلاه يكون لدينا ؛

$$\delta \alpha_{زأ} = (O - C)_{زأ} + v_{زأ} \quad \text{43-1.}$$

والآن ، لما كانت ؛

$$\tan \alpha_{زأ} = (E_j - E_i)/(N_j - N_i)$$

$$\sec^2 \alpha_{زأ} \delta \alpha_{زأ} = [(N_j - N_i)(\delta E_j - \delta E_i) - (E_j - E_i)(\delta N_j - \delta N_i)]/(N_j - N_i)^2$$

لذا ؛ $\delta \alpha_{زأ} = (N_j - N_i)(\delta E_j - \delta E_i)/l_{زأ}^2 - (E_j - E_i)(\delta N_j - \delta N_i)/l_{زأ}^2$

ثم بالتعويض في المعادلة 43-1 نتكون لدينا معادلة الرصد للاتجاه الزاوي (زأ) وكما يلي ؛

$$-\delta E_i (\cos \alpha_{زأ}/l_{زأ}) + \delta N_i (\sin \alpha_{زأ}/l_{زأ}) + \delta E_j (\cos \alpha_{زأ}/l_{زأ}) - \delta N_j (\sin \alpha_{زأ}/l_{زأ}) - (O - C)_{زأ} = v_{زأ} \quad \text{44-1.}$$

(3) معادلة الزاوية

لما كانت الزاوية (θ) هي الفرق بين اتجاهين زاويين فلن معادلة الرصد للزاوية (كأ) التي هي باتجاه عقرب الساعة تكون ؛

$$-\delta E_j (\cos \alpha_{زأ}/l_{زأ}) + \delta N_j (\sin \alpha_{زأ}/l_{زأ}) + \delta E_i [(\cos \alpha_{زأ}/l_{زأ}) - (\cos \alpha_{كأ}/l_{كأ})]$$

$$+ \delta N_i [(-\sin \alpha_{زأ}/l_{زأ}) + (\sin \alpha_{كأ}/l_{كأ})] + \delta E_k (\cos \alpha_{كأ}/l_{كأ}) - \delta N_k (\sin \alpha_{كأ}/l_{كأ}) - (O - C)_{كأ} = v_{كأ} \quad \text{45-1}$$

ففي كافة معادلات الرصد أعلاه ؛

(زأ) هو الطول الأفقي للخط (زأ) .

(زأ) هو الاتجاه الزاوي للخط (زأ) .

(δE_{كأ}) و (δN_{كأ}) هما تصحيحا الاحداثيتين (E_{كأ}) و (N_{كأ}) لنقطة ك.

ز₁ هو تصحيح الخطأ المتبقي RESIDUAL CORRNO للطول (z₁).
 ز₂ هو تصحيح الخطأ المتبقي لاتجاه الزاوية (α/z₂) للخط
 (z₂).
 ك₁ هو تصحيح الخطأ المتبقي للزاوية الأفقية (z/k).

ويمكن كتابة معادلات الرصد بشكلها العام كما يلي:

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n - b_1 &= v_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n - b_2 &= v_2 \\ &\vdots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n - b_m &= v_m \end{aligned}$$

حيث أن: a هو معامل معادلة الرصد،
 x هو تصحيح الاحداثيات (E) و (N).
 b هو الحد (C-O).
 v هو الخطأ المتبقي.

وهكذا بتعبير المصفوفة يكون لدينا:
 $v = Ax - b$
 حيث أن A هي مصفوفة بحجم (m x n) و x هي متجه عمود ب n من الحدود،
 ثم أن v و b هما متجهي عمودين ب m من الحدود.
 m هو عدد الزوايا المرصودة و n هو عدد النقاط المرصودة.
 n هو ضعف عدد النقاط المرصودة.

فكما تمت برهنته في الفترة 1-11-6 فإن جعل المقدار
 التربيعي (v^Tv) بأصغر قيمة يعطي المعادلة الطبيعية:
 $(A^TWA)x = A^TWb$
 ويتم حل هذه المعادلة لإيجاد قيمة x كما يلي:

$$x = (A^TWA)^{-1}A^TWb$$

1-12-2 الطريقة

إن الأسلوب المتبع في تطبيق طريقة "تعبير الاحداثيات" على
 تعديل الشبكة هو كما يلي:

- (1) اوجد احداثيات وقتية لكل نقطة تغيير لاتجاه NODAL
 PIONT في الشبكة، ويمكن لإنجاز ذلك بقياسها من المخطط
 أو لحسابها من معلومات المشاهدات الحقلية.
- (2) باستخدام الاحداثيات الوقتية هذه، احسب الزوايا
 والاتجاهات و a و b والاطوال للمقادير المرصودة أو المقاسة.
 فهذه هي القيم C والتي بالتركيب مع ما يناسبها من
 القيم O المرصودة تعطي المتجه (C-O) من الحدود.
- (3) كون معادلات الرصد لكل قراءة أو رصد،
- (4) قدر "أوزاناً" لاجتدائية A PRIORI WEIGHTS للقرائن
 باستخدام مقاييس التباينات وكون مصفوفة قطرية موزونة
 بحجم (m x m).

- (5) حل المصفوفات اعلاه للحصول على المتجه x لتصحيحات
 الاحداثيات (E, N). ويتم تطبيق هذه التصحيحات على
 الاحداثيات الوقتية كأول محاولة.
- (6) وتحل الاحداثيات المصححة الآن محل الاحداثيات الوقتية
 وتعاد العملية بكاملها (مع بقاء الاوزان فقط ثابتة) حتى
 يصبح المتجه x لتصحيحات الاحداثيات مساوياً للمقرن تقريباً.

فلذا احتسبت الاحداثيات الوهتية PROVISIONAL المعلومات المرصودة، ستكون مقاربة نسبيا الى مواقعها النهائية ، وتكرار واحد قد يكون كافيا (على قرص ان المعلومات المرصودة تكون قد حوت اخطاء عشوائية فقط). اما اكثر من تكرارين فقد يعنى إما ان المعلومات الحقتية ضعيفة او ان هنالك اخطاء مدخلة INPUT ERRORS.

1-12-3 الأوزان

تكون معاملات معادلات الرصد بالزوايا القطرية، وهكذا يجب ان تكون كافة الوحدات متوافقة، فحدود (O-C) للزوايا واوزانها يجب ايضا ان تكون بالزوايا القطرية ، منتجة التصحيحات المتبقية (RESIDUAL CORRECTIONS) بوحدة الزوايا القطرية ايضا.

فمثلا إذا كان الخطأ المعياري المقدر لمعدل الزوايا المقاسة (P) مساويا (3° ±) فلن:

$$W_p = 1/S_p^2 = 1/3^2 \text{ sec}^{-2} = 1/2.115 \times 10^{-10} \text{ rad}^{-2} = 4.727 \times 10^9 \text{ rad}^{-2}$$

ولذا كان الخطأ المعياري للمسافة (S_p) مساويا (3 ±) ملم مثلا ، فلن :

$$W_s = 1/S_s^2 = 1/0.003^2 \text{ m}^{-2} = 1.111 \times 10^5 \text{ m}^{-2}$$

وبتعميم اخر، يمكن ان تبين اوزان الزوايا (بالثانية) شرط ان تتحول معاملات زوايا معادلات الرصد الى ثواني بال ضرب بالمقدار م حيث (3600 π = 180 م) ، وهكذا :

$$W_p = 1/3^2 \text{ sec}^{-2} = 1.111 \times 10^{-1} \text{ sec}^{-2}$$

وستكون وحدات حدود (O-C) والمتبقيات RESIDUALS في هذه الحالة بثواني من القوس SECONDS OF ARC.

ربما تكون مهمة تقدير وزن القراءة اصعب مهمة في عملية التعديل . ففي الوقت الذي لا يكون تقدير وزن القراءة حرجا جدا للتعديل الذي يأخذ بنظر الاعتبار الاوزان "النسبية" للمعلومات فقط، نجد ان التقدير يكون حرجا جدا عند تحليل القوة.

في الماضي ، كانت قد اجريت محاولات لتقدير الخطأ المعياري للزوايا من خلال قياس الزاوية عددا من المرات واحتساب خطأوها المعياري ، وبما ان كذا عملية لا تأخذ بنظر الاعتبار اخطاء التمرکز CENTRING ERRORS كما لا تأخذ بنظر الاعتبار ظروف القياس المتغيرة على طول الشبكة، فلننا يجب ان تؤخذ بحذر. وبالنسبة للأطوال ايضا ، يجب ان يكون الاعتماد غالبا على ما شئته المصنع من درجة ضبط ACCURACY على ذلك الجهاز الالكتروني لقياس المسافة (EDM) المستخدم.

هنالك طريقة اخرى غير طريقة وزن المعلومات المرصودة وهي باستخدام كمية خالية من الوحدات تسمى وحدة التباين UNIT VARIANCE (اشكازي 1970).

ترتبط الاوزان بالتباين كما يلي:

$$W_i = \sigma_0^2 / \sigma_i^2 \quad \dots (46-1)$$

وهكذا، ففي الشبكة التي تموى كميات مختلفة متزايدة فيما بينها تكون (σ_0^2) مساوية وحدة UNITY إذا كانت تقديرات الأخطاء المعيارية للمعلومات صحيحة، أي ($\sigma_i^2 = 1/\sigma_i^2$)، ويمكن استخدام هذه الحقيقة لتقدير وحدة التقديرات الابتدائية "APRIORI ESTIMATES" للأخطاء المعيارية، أو لاحتساب التقديرات النهائية "APOSTERIORI ESTIMATES" المبنية على تصحيحات الأخطاء المتبقية للمعلومات المرصودة. وتمتص وحدة التباين (أو تباين الرصدية بوزن مقداره وحدة) من المعادلة التالية:

$$\sigma_0^2 = \sigma^2 W_0 / (m - n) \quad \dots (47-1)$$

للحصول على قيمة البتجه كما يجب تعويض القيم الأخيرة للمنتج بـ لتعديل الاحداثيات في المعادلة الأخيرة ($K = A \cdot x - b$)، مع هذا، فلما كان التكرار الأخير سيضعي قيمة لـ مقدارها صفر فإن ($b = -K$)،

وسيدرج الآن تطبيق هذه الطريقة في اعمال التخليص بقياس الزوايا والاضلاع TRIANGULATION، ومن دون شك فإن عدد الزوايا سيزيد على عدد الاطوال في كذا شبكة، وهذا ما يجعلها اقوى لحصاها:

(A) قدر الخطأ المعياري S_0 للزوايا وعدل الشبكة باستخدام الزوايا فقط، وسجل قيمة σ_0^2 ، فإن لاحتصاد مضبر عن الوحدة (أي: $0.5 < \sigma_0^2 < 2.0$ مثلاً "اشكائى") يشير الى تقدير غير صحيح لـ S_0 .

(B) والآن تستخرج القيمة الصحيحة لـ S_0 بضربها بالقيمة المحتسبة لـ σ_0^2 ، أي ($S_0 = S_0 \sigma_0^2$)، وأن استخدام (S_0)، سيعطي الآن قيمة مقدارها وحدة UNITY لـ (σ_0^2) المحتسبة للمرة الثانية،

(C) والآن ادخل الاطوال (التي جانب الزوايا) في الحسابات، باستخدام قيمة مقدرة لـ (S_0)، وهذا سيؤدي الى تغيير اضافي في قيمة σ_0^2 ، ثم تعاد قيمتها: الى الوحدة ثانية بتغيير الخطأ المعياري للاطوال فقط، كما في (B) اعلاه.

وهكذا، باتباع هذا الاسلوب يتم الحصول على تقدير صحيح لحصاها للأخطاء المعيارية (ومن ثم الاوزان) للمعلومات المرصودة لهذه الشبكات بالذات، وهذه الطريقة محدودياتها: فمثلاً إذا طُوع بالاطوال بدلاً من الزوايا ستنتج فيما مختلفة للأخطاء المعيارية، كذلك إذا كانت هناك شبكة أخرى ذات شكل مختلف عن الأولى ولكن بنفس عدد الزوايا والاطوال ونفس من قبل نفس الرائد باستخدام نفس الجهاز وتحت نفس الظروف فإن الأخطاء المعيارية ستختلف أيضاً، وهكذا يجب تحليل كافة مصادر المعلومات أينما كان ذلك ممكناً لأجل دعم طريقة وحدة التباين.

مما يجدر الإشارة إليه هنا أيضا، هو أن هذه الطريقة لا تعتبر مقبولة لشبكات التطبيع وذلك بسبب العدداً قليل من درجات الحرية (DF) الموجودة في كذا شبكة. ففي شبكة أساسية مثلاً، بدون كميات إضافية WITH NO REDUNDANCIES. فإن هنالك ثلاث درجات حرية فقط، أي $(m-n=3)$.

13-1 تحليل القوة STRENGTH ANALYSIS

تكون قوة أو اعتماد الشبكة بدلالة دقة القياسات التي يعبر عنها من خلال المصفوفة الموزونة (W) ، أما شكل الشبكة فيعبر عنه من خلال المصفوفة (A) لمعادلات الرصد.

ولاجل تحليل قوة الشبكة النهائية المعدلة، من الضروري إيجاد ما يسمى بمصفوفة "التباين - التباين المشترك".

1-13-1 مصفوفة التباين - التباين المشترك (σ_{xx})

تحتوي مصفوفة "التباين - التباين المشترك" على التباينات والتباينات المشتركة لتشريطات EASTINGS و NORTHINGS نقاط تغيير الاتجاه. فالتباينات هي المقادير الواقعة على القطر الرئيس للمصفوفة، بينما تشمل المقادير الباقية في المصفوفة، التباينات المشتركة.

فالتباين المشترك هو مقياس للارتباط ويساوي صفراً إذا كانت المتغيرات العشوائية مستقلة تماماً. فالمصفوفة إذن هي مصفوفة مربعة متماثلة بحجم n وتستخرج من المعادلة 29-1 كما يلي:

$$\sigma_{xx} = \sigma_0^2 (A^T W A)^{-1} \begin{bmatrix} \sigma_{x_1 x_1}^2 & \sigma_{x_1 x_2} & \dots & \sigma_{x_1 x_n} \\ \sigma_{x_2 x_1} & \sigma_{x_2 x_2}^2 & \dots & \sigma_{x_2 x_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{x_n x_1} & \sigma_{x_n x_2} & \dots & \sigma_{x_n x_n}^2 \end{bmatrix} \dots \quad (47-1)$$

فمصفوفة "التباين - التباين المشترك" هي شيء أساسي في تحليل قوة الشبكة المعدلة، وكما هو مبين، فالمصفوفة هي بدلالة أوزان (أو دقة) المعلومات الحقلية وشكل الشبكة، وكما هو معزوف بالمصفوفة A . ولما كان من الضروري لجراء تقدير صحيح للأوزان للحصول على تقدير صحيح لاعتماد الشبكة، ينتج بأن (σ_0^2) ستساوي وحدة، وقد تم حذف من المعادلة. وفي حالة شبكة التطبيع، يجب أن تؤخذ (σ_0^2) كأنها وحدة، للأسباب الواردة في (الفقرة 12-1-4). أما إذا استخدمت قيمة مغلومة لـ (σ_0^2) فإن مصفوفة "التباين - التباين المشترك" ستكون مغلومة، وهذا سيؤدي إلى تحليل مغلوم للقوة.

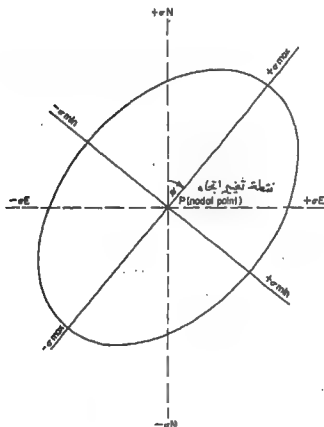
1-13-2 اهليج الخطأ للنقطة المائلة

إن الجذور التربيعية لمقادير قطر مصفوفة التباين-التباين المشترك هي الأخطاء المعيارية لتشريحات وتشميلات نظام تدبير الاتجاه للشبكة المعدلة. أي $(\pm \sigma_{E_n})$ و $(\pm \sigma_{N_n})$. مع ذلك فيمكن أن يكون لنقطة الضبط CONTROL POINT في السؤال خطأ معياريا أكبر من σ_E و σ_N وباتجاه آخر (θ) . ويشار إلى هذا البعد بـ "نصف القطر الأكبر SEMI-MAJOR AXIS لاهليج الخطأ" أي $(\pm \sigma_{max})$ ، وسيكون نصف القطر الأصغر لاهليج أي $(\pm \sigma_{min})$ عموديا عليه.

إن الأبعاد المختلفة هي موضحة هندسيا في الشكل 1-5-5 وهي مستخرجة من مصفوفة التباين-التباين المشترك VAR - COV كما يلي:

$$\pm \sigma_{max}^2 = \frac{1}{2}(\sigma_1^2 + \sigma_2^2) + \left\{ \frac{1}{2}(\sigma_1^2 - \sigma_2^2)^2 + \sigma_{x_1 x_2}^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad \dots <48-1>$$

$$\pm \sigma_{min}^2 = \frac{1}{2}(\sigma_1^2 + \sigma_2^2) - \left\{ \frac{1}{2}(\sigma_1^2 - \sigma_2^2)^2 + \sigma_{x_1 x_2}^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad \dots <49-1>$$



شكل 1-5-5

حيث أن σ_{max} و σ_{min} هما في الحقيقة القيمتان النوعيتان EIGENVALUES للمصفوفة التباين-التباين المشترك، أما زاوية اتجاه نصف القطر الأكبر θ فتستخرج من:

$$\tan \phi = \sigma_{x_1 x_2} / (\sigma_{x_1}^2 - \sigma_{x_2}^2) \quad \dots \langle 50-1 \rangle$$

ويمكن الحصول على التحقق التالي على الحسابات من:

$$\sigma_{x_1 x_2}^2 = \sigma_{x_1}^2 \sigma_{x_2}^2 - \sigma_{x_1 x_2}^2 \quad \dots \langle 51-1 \rangle$$

في الاحصاءات ذات البعد الواحد ، فإن زاوية ϕ و ناطم لإنمراف معيارى واحد ($\pm \sigma$) يمثل لإحتمالا مقداراه (68.3%) . مع ذلك ، فاحتمال الحالة المشتركة JOINT EVENT أن تقع ضمن اهليج الخطأ هو فقط (39.4%) . وادناه فيما نموذجية لذلك

P%	39.4	50.0	90.0	95.0	99.0
σ	1.000	1.177	2.146	2.447	3.035

ويمكن تعريف اهليج الخطأ بأنه "حدود الثقة للنقطة" حيث أنه يشير إلى الخطأ المعياري في موقع نقطة الضبط المعدلة في الشبكة ، كذلك فالاتجاه الزاوى (ϕ) لنصف القطر الأكبر هو أيضا معنوى SIGNIFICANT لأغراض تفسيرية . فإذا كان الاتجاه الزاوى عموديا على الاتجاه إلى نقطة الأصل الثابتة للشبكة ، فهذا يعنى أن هنالك خطأ زاوى متغلب ، أما إذا كان الاتجاه الزاوى بنفس الاتجاه إلى نقطة الأصل الثابتة فالخطأ المتغلب هو خطى LINEAR .

لأن التعديد الأساس لاهليج الخطأ هو أنه كمية غير ثابتة ، فبمجرد تغيير نقطة أصل الشبكة مثلا ، ستتغير قيم اهليج الخطأ ، ولو أن التغييرات الناتجة في الشبكات الهندسية الصغيرة نسبيا سوف لن تكون معنوية . مع هذا ، ينصح باحتساب الأخطاء المعيارية النهائية للزوايا المعدلة وللأضواء الزاوية المعدلة والمسافات المعدلة أيضا والتي هي كميات غير متباينة INVARIANT .

3-13-1 الخطأ الزاوى للزاوية المعدلة ($\pm \sigma_\phi$)

يمكن الحصول على هذه الكمية من معاملات معادلة الرصد للزاوية ومن المقادير الملائمة في مصفوفة التباين - التباين المشترك . فمثلا ، يمكن الإثبات بأنه يوجد 6 معاملات في معادلة الرصد 1-45 للزاوية (ϕ_k) أي: ($\sigma_{\phi_1}, \sigma_{\phi_2}, \dots, \sigma_{\phi_6}$) . ولكل من النقاط الثلاث z و i و j التي تعين الزاوية تقريبا وتشمينا ، أي 6 قيم يتم تعيينها من المقادير الملائمة في مصفوفة التباين - التباين المشترك ذات الحجم (6×6) ، وهكذا :

$$\sigma_\phi^2 = [a_{11} \ a_{12} \ a_{13} \ a_{14} \ a_{15} \ a_{16}] \begin{bmatrix} \sigma_{x_1}^2 & \sigma_{x_1 x_2} & \dots & \sigma_{x_1 x_6} \\ \sigma_{x_2 x_1} & \sigma_{x_2}^2 & \dots & \sigma_{x_2 x_6} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{x_6 x_1} & \sigma_{x_6 x_2} & \dots & \sigma_{x_6}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{11} \\ a_{12} \\ a_{13} \\ a_{14} \\ a_{15} \\ a_{16} \end{bmatrix} \dots \langle 52-1 \rangle$$

1-13-4 الخطأ المعياري للاتجاه الزاوي المعدل $(\pm \sigma_{\alpha})$

بطريقة مشابهة لما ورد اعلاه سيكون لمعادلة الرصد الخاصة بالاتجاه الزاوي للخط (1أ) اربع معاملات <معادلة 1-44>، ويتم تركيب هذه المعاملات مع المقادير الموافقة لها في مصفوفة التباين-التباين المشترك ذات حجم (4x4)؛

$$\sigma_{\alpha}^2 = [a_{11} \ a_{12} \ a_{13} \ a_{14}] \begin{bmatrix} \sigma_{x_1}^2 & \sigma_{x_1 x_2} & \dots & \sigma_{x_1 x_4} & a_{11} \\ \sigma_{x_2 x_1} & \sigma_{x_2}^2 & \dots & \sigma_{x_2 x_4} & a_{12} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & a_{13} \\ \sigma_{x_4 x_1} & \sigma_{x_4 x_2} & \dots & \sigma_{x_4}^2 & a_{14} \end{bmatrix} \quad \langle 53-1 \rangle$$

1-13-5 الخطأ المعياري للطول المعدل $(\pm \sigma_l)$

لمعادلة الرصد بالنسبة للطول (1أ) اربع معاملات <معادلة 1-42> والتكن $a_{11}, a_{12}, a_{13}, a_{14}$ ، والتي ستتركب مع نفس معاملات مصفوفة التباين - التباين المشترك ذات الحجم (4 x 4) ، محددة بذلك التشريلات والتشميلات لنفس النقطتين 1 و 2 كما هي حالة الاتجاه الزاوي للخط (1أ)؛

$$\sigma_l^2 = [a_{21} \ a_{22} \ a_{23} \ a_{24}] \begin{bmatrix} \sigma_{x_1}^2 & \sigma_{x_1 x_2} & \dots & \sigma_{x_1 x_4} \\ \sigma_{x_2 x_1} & \sigma_{x_2}^2 & \dots & \sigma_{x_2 x_4} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{x_4 x_1} & \sigma_{x_4 x_2} & \dots & \sigma_{x_4}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{21} \\ a_{22} \\ a_{23} \\ a_{24} \end{bmatrix} \dots \langle 54-1 \rangle$$

وسوف يجرى الان توضيح تطبيق طريقة تغيير الاحداثيات بالكامل من خلال احتساب شبكة تضليع. فقد اُختُص الموضع المستخدم الذي يحوي اخطاء معيارية كجبرة بشكل غير طبيعي بواسطة الكمبيوتر . مع ذلك ، فالطريقة تدوين الخطوات بشكل واضح وتعيد كنموذج للقراء الذين يرغبون في تطويرها (سكوفيلد 1979).

مثال 10-1: بوضوح (الشكل 1-6) مضع ربط LINK TRAVERSE بين النقاط الشابتة X و Y و Z ، حيث كانت معدلات المعلومات الحلقية المستخلصة كما يلي:

الابتدائية ستكون بحجم (11×16). ولكن لما كانت النظام W و X و Y قد جعلت شاذة فإن معاملاتهما يجب أن تكون صفراً، وسيكون حجم المصفوفة النهائية (10×8) وكما هو مبين في صفحة 54.

(4) باستخدام الأخطاء المعيارية للزوايا والأطوال يتم تعيين الأوزان كما يلي:

$$\begin{aligned} W_1 &= 1/120^2 \text{ sec}^{-2} = 2954.526 \text{ rad}^{-2} & \text{وزن الزاوية (W) يساوي;} \\ W_2 &= 1/0.588^2 \text{ m}^2 = 2892.313 \text{ m}^{-2} & \text{وزن الطول (W) يساوي;} \end{aligned}$$

وعليه سيكون للمصفوفة المربعة القطرية W ذات الحجم (11×11) القيم أعلاه كمعاملات للقطر الرئيس وبتقسيم تسلسل المعلومات المقتبة للمصفوفة A ، أي: زاوية-طول-زاوية-... والخ.

$$W = \begin{bmatrix} 2954.526 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0_{1,11} \\ 0 & 2892.313 & 0 & 0 & \dots & 0_{2,11} \\ 0 & 0 & 2954.526 & 0 & \dots & 0_{3,11} \\ 0 & 0 & 0 & 2892.313 & \dots & 0_{4,11} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0_{11,1} & 0_{11,2} & 0_{11,3} & 0_{11,4} & \dots & 2954.526 \end{bmatrix}$$

(5) باستخدام $x = (A^T W A)^{-1} A^T W b$ فإن حل المربعات الصغرى سيعطي المنتج العمود x ذا الحجم (8×1) حاوياً أول تصحيحات لأحداثيات النقاط B و C و D وحسب التسلسل: (δN_A) و (δE_A) و (δN_B) و (δE_B) و (δN_C) و (δE_C) و (δN_D) و (δE_D) .

$$x^T = [-0.065, 0.136, -0.131, 0.401, -0.196, 0.792, -0.261, 1.302]$$

والآن، باستخدام الأحداثيات المصححة لأول تكرار تصاد العملية بكاملها. فالمنتج الجديد بعدد حدود (0-C) سيعطي هذه المرة قيمًا لجميع المعاملات البالغ عددها 11 وستنتج المصفوفة الجديدة A ولكن ستبقى المصفوفة W شاذة. وقد أعطى التكرار الثاني المنتج التالي:

$$x^T = [0, 0, 0, 0, 0.001, 0, 0.001, 0]$$

والأحداثيات المعدلة الأخيرة هي:

النقطة	E	N
A	1999.704	5000.363
B	2999.957	5000.542
C	4000.607	5000.137
D	5000.693	4999.701

(6) وتستخرج المتطابقات الآن كما مبين في الفقرة 1-12-4، أي: $(v = -b)$ ، وتطبق على المعلومات المرصودة لتعطي الزوايا والأطوال المعدلة الأخيرة.

إن العمود الأخير في الجدول التالي هو بالحقبة "قاعدة
رفض REJECTION CRITERIA".

المحطات	المتبقيات	الزوايا والاطوال النهاية	
U X A	-27.97°	89° 58' 45"	0.233
XA	-0.065M.	999.704M.	0.111
X A B	-26.85°	180° 00' 38"	0.224
AB	-0.065M.	1000.253M.	0.111
A B C	-25.72°	180° 02' 00"	0.214
BC	-0.065M0	1000.651M.	0.111
B C D	-24.61°	180° 00' 06"	0.205
CD	-0.065M.	1000.086M.	0.111
C D Y	-23.49°	179° 57' 29"	0.196
DY	-0.065M.	999.307M.	0.111
D Y Z	-22.36°	90° 01' 02"	0.186

من المعترف به عموماً في مؤلفات علم المساحة أنه
إذا كانت الكمية المتبقية لرصد ما اكبر من ثلاث مرات
الخطأ المعياري فيجب رفض تلك الرصد كما يجب أن تعاد،
أي (3σ) . وهكذا فمن الجديهي أن العمود الأخير يحوي
أرقاماً خيالية من الأبعاد . لأن القيم المتبقية التي
تساوي ثلاث مرات الخطأ المعياري أو أكثر تشير إلى أن
تلك الرصد يجب أن ترفض، أما إذا ساوت مرتين بقدر الخطأ
المعياري أو ما يتأهز ذلك فلن الرصد سيكون مشكوك
فيها . ويجب استخدام هذه الأرقام كمؤشر للدقة النسبية-
RELATIVE PRECISION للمعلومات المرودة.

وبالإضافة إلى ذلك يمكن الحصول على تحقيق مقيد على
المعادلات الطبيعية من:

(7) لتقدير اعتماد المعلومات المعدلة يتم الحصول على
مصفوفة التباين - التباين المشترك من آخر تكرار
باستخدام:

ويعرف (α=1). فهذا يعطى الآن مصفوفة متماثلة بحجم (8×8)
كما هو مبين في الصفحة التالية. فتباينات التخرجات
والشميلات لكل نقطة من A إلى D تقع على القطر الرئيس
للمصفوفة، والحدود الأخرى تمثل التباينات المشتركة. فمثلاً
(4.3992) و (-5) تربط (E_A) بـ (N_A) كما هو مبين.

(8) يتم الحصول على الأخطاء المعيارية للأحاديثات من
مصفوفة التباين - التباين المشترك ، وتعطى قيم إلهيج

The variance-covariance matrix ($\sigma_{\mu\mu}$)مصفوفة التباين-التغاير ($\sigma_{\mu\mu}$)

	E_A	N_A	E_B	N_B	E_C	N_C	E_D	N_D
E_A	2.7660 ± -1	4.3992 ± -5	2.0745 ± -1	1.8997 ± -6	1.3830 ± -1	-1.6787 ± -7	6.9149 ± -2	1.2024 ± -5
N_A	4.3992 ± -5	1.6109 ± -1	2.4244 ± -1	1.9332 ± -1	1.9465 ± -5	1.4494 ± -1	6.9614 ± -7	6.4381 ± -2
E_B	2.0745 ± -1	2.4244 ± -1	4.1489 ± -1	2.7877 ± -6	2.7660 ± -1	-7.4050 ± -7	1.3830 ± -1	2.3948 ± -5
N_B	1.8997 ± -6	1.9332 ± -1	2.7877 ± -6	3.6742 ± -1	2.4409 ± -5	3.0932 ± -1	1.8990 ± -6	1.4491 ± -1
E_C	1.3830 ± -1	1.9465 ± -5	2.7660 ± -1	2.4409 ± -5	4.1489 ± -1	-2.3345 ± -5	2.0745 ± -1	4.1027 ± -1
N_C	-1.6787 ± -7	1.4494 ± -1	-7.4050 ± -7	3.0932 ± -1	-2.3345 ± -5	3.6735 ± -1	1.3565 ± -6	1.9324 ± -1
E_D	6.9149 ± -2	6.9614 ± -7	1.3830 ± -1	1.8990 ± -6	2.0745 ± -1	1.3565 ± -6	2.7660 ± -1	2.2973 ± -5
N_D	1.2024 ± -5	6.4381 ± -2	2.3948 ± -5	1.4491 ± -1	4.1027 ± -1	1.9324 ± -1	2.2973 ± -5	1.6099 ± -1

N.B. & -5 signifies 10^{-5} .للمقادير 10^{-5} تعني (-5)

الخطأ من المعادلات 1-48 و 1-49 و 1-50 كما هو مبين.

في هذا المثال بالذات تكون محاورها لبيح الأخطاء مطابقة
الن الأخطاء المعيارية للأحداثيات.

الأخطاء المعيارية للأحداثيات					
المحطات	σE (mm)	σN (mm)	σ_{\max} (mm)	σ_{\min} (mm)	ϕ_{\max} (deg)
A	±526	±401	±526	±401	90
B	±644	±606	±644	±606	90
C	±644	±606	±644	±606	90
D	±526	±401	±526	±401	90

(9) وباستخدام الحدود الملائمة الآن في المصفوفة A وفي
مصفوفة التباين-التباين المشترك في المعادلتين 1-52 و
1-54، يتم الحصول على الأخطاء المعيارية للزوايا
والأطوال المعدلة.

الأخطاء المعيارية للزوايا (ثواني)			الأخطاء المعيارية للأطوال (مم)		
W X A	± 82.8		X A	± 525.9	
X A B	± 100.7		A B	± 525.9	
A B C	± 108.6		B C	± 525.9	
B C D	± 108.6		C D	± 525.9	
C D Y	± 100.7		D Y	± 525.9	
D Y Z	± 82.8				

في الوقت الذي ذكرت فيه الطريقة اعلاه لبيان معادلات
الرصد وقيم (0-C) واوزان الزوايا بالزوايا القطرية، يذكر
القاري بالملاحظة السابقة حول الموضوع، أي أنه يمكن أن
تبقى قيم (0-C) والاوزان بالثواني شرط أن تمول معاملات
زوايا معادلة الرصد بالثواني. إضافة إلى هذا، لذا
فتعتمد المعادلات الطبيعية؛

$$\begin{aligned} A^T W A x &= A^T W b \\ A^T W^1 W^1 A x &= A^T W^1 W^1 b \\ (W^1 A)^T (W^1 A) x &= (W^1 A)^T (W^1 b) \end{aligned}$$

يتم تكوين المصفوفات بشكل مريح بضرب معاملات كل
معادلة رصد بمقلوبات الأخطاء المعيارية "الابتدائية"
(1/σ) المقابلة لها. وهكذا إذا كانت الوحدات كما في
اعلاه هي الامتار وثواني القوس الستينية، سينتج خطأ
معياريا مقداره (±2) ثانية في معادلة الرصد للزاوية
حيث تضرب بـ (1/2=0.5)، ونفس الطريقة تتبع عند وجود
خطأ معياريا بالطول مقداره (±10) ملم حيث تضرب
المعادلة بـ (1/0.010=100).

مما يجب التأكيد عليه إذن هو أن تعديل المربعات
المفترق الناتج سيكون عقيما تماما ومن دون معنى في
حالة عدم إدخال الوزن .

14-1 التحليل ما قبل المسح PRE-SURVEY ANALYSIS

بالإمكان إجراء تحليل لقوة الشبكة قبل رصدها وذلك
من خلال شكل الشبكة ومن الدقة المنوي لإجراء القياسات
بها. فمثلا ، إذا رسمت المواقع المقترحة لمخطات المسح
على مخطط وقيست منه إحداثياتها النسبية ، يمكن عندها
إحساب معاملات معادلات الرصد ومن ثم تكوين المعطوفة A،
وبعد معرفة الأجهزة المتوفرة يمكن تقدير دقة المعلومات
الحقلية التي سيكون بالإمكان الحصول عليها واستخراج
المعطوفة الموزونة لها، من ثم يمكن الحصول على مصفوفة
التباين-التباين المشترك من: $\sigma_{xx} = (A^TWA)^{-1}$
حيث ستكون (σ_{xx}^2) مساوية وحدة* بديها في هذه الحالة.

إذا اتضح من تحليل القوة بيان التقديرات الأولية سوف
لن تفي بمواصفات الدقة المطلوبة ، فقد يتطلب الأمر
تغيير شكل الشبكة و/أو نوع الأجهزة المنوي استخدامها
و/أو تقنية الرصد حتى يتم الحصول على المواصفات
المطلوبة ، وبهذه الطريقة سيعلم المساح أفضل المواقع
لمحطات مسحه والأجهزة الضرورية المطلوبة وتغطية
الرصد الواجب إتباعها قبل البدء بأعمال المساحة.

سيؤدي هذا الأسلوب في العمل إلى التصميم الاقتصادي
لشبكة لتلبية مواصفات الدقة ومتطلبات الأداء بأفضل
ما يمكن .

15-1 اختيار أفضل الشبكات NETWORK OPTIMIZATION

باستخدام نفس الأسلوب المتبع في الفقرة 14-1 يجب أن
يكون نظريا ممكنا الحصول على أفضل المسوحات أي تقدير
أقل عدد ممكن من الزوايا والأضلاع في الشبكة للحصول
على مواقع درجة الخط المطلوبة. مع ذلك ، فإنه يشك
لأن كان هذا هو مقترح حي عمليا .

مبدئيا ، لا يمكن إيجاد شبكات تظليع فضلي، كما لا يمكن
تحليلها بأي درجة من الاعتماد. كذلك لا يمكن إيجاد
شبكات تثليث بقياس الأضلاع TRILATERATION فضلي ، كما لا
يمكن تحليلها. ومن المتعارف عليه في مهنة المساحة
بأنه كلما كثر عدد القياسات الإضافية كلما كانت الشبكة
أقوى ، ولو أن تفليل عدد الأضلاع في أعمال التثليث
بقياس الأضلاع يظهر الشبكة كأنها اقوى . وتصبح الأخطاء
العميارية واهاليج الأخطاء صفرا عند استخدام أقل عدد
من الأطوال . فمثلا ، إذا قيست الثلاثة أضلاع فقط من

المثلث سيكون المثلث دائما "بدون خطأ" ظاهري" ، ولهذا السبب إذن يشك في إمكانية التعامل مع أعمال التثلث بقياس الزوايا والأضلاع بنجاح وعليه فإن عملية اختيار أفضل الشبكات للأعمال الهندسية قد لا تكون إجراء عمليا .

أمثلة محلولة

مثال 1-11 : قيست زاوية معينة من قبل راصدتين مختلفتين باستخدام نفس الجهاز وكما يلي:

الراصد A	الراصد B
86 34 10	86 34 05
33 50	34 00
33 40	33 55
34 00	33 50
33 50	34 00
34 10	33 55
34 00	34 15
34 20	33 44

أوجد: (A) الانحراف المعياري لكل طاقتي ،
 (B) الخطأ المعياري للأوساط المساجبة .
 (C) أكثر القيم احتمالا (MPV) للزاوية .
 (جوليتكنيك كنكرتون)

الحل

المراقب A					المراقب B				
م	م	م	م	م	م	م	م	م	
86	34	10	10	100	86	34	05	7	49
	33	50	-10	100		34	00	2	4
	13	40	-20	400		33	55	-3	9
	34	00	0	0		33	50	-8	64
	33	50	-10	100		34	00	2	4
	34	10	10	100		33	55	-3	9
	34	00	0	0		34	15	17	289
	34	20	20	400		33	44	-14	196
الوسط = 86 34 00 0 1200 = [م]					86 33 58 0 624 = [م]				

(A) (I) الانحراف المعياري للراصد A: $[r^2] = \sum (x_i - \bar{x})^2$

$$S_A = \pm \left(\frac{[r^2]}{n-1} \right)^{\frac{1}{2}} = \pm \left(\frac{1200}{7} \right)^{\frac{1}{2}} = \pm 13.1''$$

(B) (I) الخطأ المعياري للراصد A:

$$= S_{\bar{x}_A} = \pm \frac{S_A}{n^{\frac{1}{2}}} = \pm \frac{13.1}{8^{\frac{1}{2}}} = \pm 4.6''$$

$$(A) \text{ (II) الانحراف المعياري للراصد B: } S_B = \pm \left(\frac{624''}{7} \right)^{\frac{1}{2}} = \pm 9.4''$$

$$(B) \text{ (II) الخطأ المعياري للراصد B: } S_B = \pm \frac{9.4}{8^{\frac{1}{2}}} = \pm 3.3''$$

(C) وحيث ان لكل وسط حسابي دقة مختلفة خاصة به تعددها قيمة $S_{\bar{x}}$ ، فإنها على هذا الاساس يجب ان توزن قبل ان يؤخذ وسطها الحسابي لتعطي القيمة الأكثر احتمالاً للزاوية؛

$$(A) \propto \frac{1}{S_{\bar{x}_A}} = \frac{1}{21.2} = 0.047 \text{ (وزن A)}$$

$$(B) \propto \frac{1}{10.9} = 0.092 \text{ (وزن B)}$$

فنسبة وزن A الى وزن B هي 1 الى 2 .

لذن فالقيمة الأكثر احتمالاً للزاوية؛
 $MPV = (86^\circ 34'00'' + 86^\circ 33'58'' \times 2) / 3$
 $= 86^\circ 33'59''$

ومن الجدير بالاهتمام ذكر النقطة التالية؛ يجب رفض أية رصدة يكون خطأها المتبقي أكبر من $(2.3S)$ - انظر «الفترة 1-6» ، وحيث ان $(2.3S_A = 30.2'')$ و $(2.3S_B = 21.6'')$ فإنه يجب لإدخال كافة القراءات في الطاقم ، ومن الطبيعي ، يجب إجراء هذا الاختبار في بداية السؤال .

مثال 1-12 ؛ ناقش تصنيف الأخطاء في أعمال المساحة معطيا امثلة مناسبة على ذلك.

في مشروع أعمال تثليث بقياس الزوايا TRIANGULATION بقيست زوايا المثلث الثلاث وسجلت اوساطها الحسابية؛ $(50^\circ 48'18'')$ و $(64^\circ 20'36'')$ و $(64^\circ 51'00'')$. وقد اعطى تحليل كل طاقم من القراءات خطأ معياريا مقداره $(\pm 4'')$ لكل من هذه الاوساط الحسابية . وفي موعد لاحق أعيد قياس هذه الزوايا تحت ظروف افضل مما اعطى الاوساط الحسابية؛ $(50^\circ 48'20'')$ و $(64^\circ 20'39'')$ و $(64^\circ 50'58'')$ ، وكانت الأخطاء المعيارية لكل من هذه الاوساط $(\pm 2'')$. اوجد أكثر النقيم لإحتمالا للزوايا .
 (جوليتكنيك كنكرتون)

الحل .

تعدل الزوايا الى (180°) اولا، ولما كانت للزوايا داخل كل مثلث اوزان متساوية فإن التعديل الزاوي داخل كل مثلث هو أيضا متساوي.

$50^{\circ} 48' 18'' + 2'' = 50^{\circ} 48' 20''$	$50^{\circ} 48' 20'' + 1'' = 50^{\circ} 48' 21''$
$64^{\circ} 20' 36'' + 2'' = 64^{\circ} 20' 38''$	$64^{\circ} 20' 39'' + 1'' = 64^{\circ} 20' 40''$
$64^{\circ} 51' 00'' + 2'' = 64^{\circ} 51' 02''$	$64^{\circ} 50' 58'' + 1'' = 64^{\circ} 50' 59''$
$179^{\circ} 59' 54''$	$180^{\circ} 00' 00''$
$179^{\circ} 59' 57''$	$180^{\circ} 00' 00''$

وزن الطاقم الاول:

$$= w_1 = 1/4^2 = \frac{1}{16}$$

وزن الطاقم الثاني:

$$= w_2 = 1/2^2 = \frac{1}{4}$$

وهكذا فلن ($w_1=1$) عندما ($w_2=4$) .

فالقيمة الأكثر احتمالاً لـ α :

$$MPV = [(50^{\circ} 48' 20'') + (50^{\circ} 48' 21'' \times 4)] / 5 = 50^{\circ} 48' 20.8''$$

وبنفس الطريقة تكون قيمتا الزاويتين الباقيتين الأكثر احتمالاً ($64^{\circ} 20' 39.6''$) و ($64^{\circ} 50' 59.6''$) . ويمكن الآن تقرب هذه الزوايا إلى أقرب ثانية.

مثال 1-13: يتكون خط قاعدة من عشرة أجزاء ، وقد قيس بواسطة شريط مساحة مستنداً على رأسي قياسي وفراغ نهايتيه من قبل شخصين مختلفين ، وأعطى الفرق بين القراءتين الطول المقاس لذلك الجزء . فكانت قد قُيست الأجزاء 2 و 1 و 5 و 3 مرات والأجزاء 3 و 6 و 9 خمس مرات بينما قُيست الأجزاء الباقية أربع مرات ، وقد احتسب الوسط الحسابي في كل حالة . فلذا كانت الأخطاء المعيارية للقراءات المنفردة للراصدين قد عرفت بأنها 1 ملم و 1.2 ملم ، ماذا سيكون مقدار الخطأ المعياري الذي سببه أخطاء القراءات فقط لكامل الخط ؟

الحل

الخطأ المعياري في قراءة جزء واحد هو:

$$= S_x = (1^2 + 1.2^2)^{1/2} = \pm 1.6 \text{ mm}$$

خذ الجزء 1 الذي كان قد قيس ست مرات واخذ الوسط، وهكذا يكون الخطأ المعياري للوسط:

$$S_x = \frac{S_x}{\sqrt{n}} = \frac{1.6}{\sqrt{6}} = \pm 0.6 \text{ mm}$$

وهذه القيمة تنطبق على الجزئين 2 و 3 أيضاً .

كذلك ، الخطأ المعياري لوسط الأجزاء 3 و 6 و 9 هو:

$$S_x = \frac{1.6}{\sqrt{9}} = \pm 0.7 \text{ mm}$$

والخطأ المعياري لوسط الأجزاء 4 و 7 و 8 و 10 هو:

$$s_i = \frac{1.6}{4} = \pm 0.8 \text{ mm}$$

وقد تم الآن جمع هذه الأجزاء لتعطي الطول الكلي، وعليه سيكون الخطأ المعياري لكامل الطول:

$$(0.6^2 + 0.6^2 + 0.6^2 + 0.7^2 + 0.7^2 + 0.7^2 + 0.8^2 + 0.8^2 + 0.8^2 + 0.8^2)^{\frac{1}{2}} = \pm 2.3 \text{ mm}$$

مثال 1-14: (A) كان خط قاعدة قد قيس باستخدام جهاز قياس مسافة الكثروني (EDM) وسجلت المسافة 6835.417 متر كوسط حسابي. وللجهاز المستخدم درجة ضبط مثبته من قبل المصنع مقدارها (1/400 000) من الطول المقاس (±20) ملم. وكتحقيق، فقد أعيد قياس الخط باستخدام نوع آخر من جهاز الـ (EDM) بدرجة ضبط (1/600 000 ± 30MM) وكان الوسط الحسابي الناتج للمسافة 6835.398 متر. أوجد أكثر القيم للاحتمال لخط الخط.

(B) قيست زاوية من قبل ثلاثة أشخاص B و C، وادناه معين الوسط الحسابي لكل طاقتهم وخطأهم المعياري:

S	متوسط الزاوية	الراصد
0.7	89 54 36	A
1.2	89 54 42	B
1.0	89 54 33	C

أوجد أكثر القيم للاحتمال للزاوية. (بوليتكنيك كنكزتون)

الحل

(A) الخطأ المعياري /

$$s_{s_1} = \pm \left\{ \left(\frac{6835}{400000} \right)^2 + (0.020)^2 \right\}^{\frac{1}{2}}$$

الجهاز الأول :

$$= \pm 0.026 \text{ m}$$

$$s_{s_2} = \pm \left\{ \left(\frac{6835}{600000} \right)^2 + (0.030)^2 \right\}^{\frac{1}{2}}$$

الجهاز الثاني:

$$= \pm 0.032 \text{ m}$$

ويمكن أن تستخدم هذه القيم الآن لوزن الأطوال وإيجاد أوساطها الحسابية الموزونة كما هو مبين أدناه:

$L \times W$	الوزن (W)	نسبة الوزن S	الطول (L) متر
0.626	1.5	$1/0.026^2 = 1479$	0.417 ± 0.026 الجهاز 1
0.398	1	$1/0.032^2 = 977$	0.398 ± 0.032 الجهاز 2
$[W] = 2.5$	1.024		
$= [LW]$			

لذن فالقيمة الأكثر احتمالا:
 $MPV = 6835 + (1.024/2.5) = 6835.410MM.$

الراصد Observer	وسط الإجابات	S_i	نسبة الوزن Weight ratio	الوزن Weight, W	$L \times W$	(B)
A	89 54 36	± 0.7	$1/0.7^2 = 2.04$	2.96	$6' \times 2.96 = 17.8'$	
B	89 54 42	± 1.2	$1/1.2^2 = 0.69$	1	$12' \times 1 = 12'$	
C	89 54 33	± 1.0	$1/1^2 = 1$	1.45	$3' \times 1.45 = 4.35'$	
			$[W] = 5.41$	34.15	$= [LW]$	

لذن فالقيمة الأكثر احتمالا:
 $MPV = 89^\circ 54' 30'' + (34.15' / 5.41) = 89^\circ 54' 36''$

بلغت نظر الطالب هنا التي طريقة إيجاد الوسط الموزون في كلا هذين المثالين، ولو أن الحاجة قد ارتفعت لاستخراج الأوزان منذ ظهور حاسبات الجيب، خاصة في (B).

مثال 1-15: قيس اضلاع مثلث وابزباخ WEISBACK TRIANGLE في أعمال ربط مسوحات تحت الأرض وكانت كما يلي:

$$W_1 W_2 = 5.435M. \quad W_1 W_3 = 2.844M. \quad W_2 W_3 = 8.274M.$$

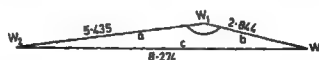
وباستخدام القياسات أعلاه في قانون جيب التمام احسب الزاوية $(W_1 W_2 W_3)$:

فلذا كان الخط الممعياري لكل من الاضلاع المقاسة يساوي $(1/20\ 000)$ ، اوجد الخط الممعياري للزاوية المحسوبة بخواشي من القوس، (بوليتكنيك كنكزتون)

الحل

من الشكل 7-1 < وبواسطة قانون جيب التمام:

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos W_1$$



شكل 7-1

باستخدام <المعادلة 15-1> من <الفقرة 10-1> وبلجرأء
التفاضل نسبة التي كل متغير على التوالي؛

$$2c\delta c = 2ab \sin W_1 \delta W_1$$

وهكذا ؛

$$\delta W_1 = \pm \frac{c\delta c}{ab \sin W_1}$$

وبنفس الطريقة ؛

$$a^2 = c^2 - b^2 + 2ab \cos W_1$$

$$2a\delta a = 2b \cos W_1 \delta a - 2ab \sin W_1 \delta W_1$$

$$\therefore \delta W_1 = \frac{2a\delta a - 2b \cos W_1 \delta a}{2ab \sin W_1} = \frac{\delta a(a - b \cos W_1)}{ab \sin W_1}$$

ولكن لما كانت ($W_1 \approx 180^\circ$) و ($\cos W_1 \approx -1$) و ($(a + b) \approx c$)

$$\therefore \delta W_1 = \pm \frac{\delta ac}{ab \sin W_1}$$

لذلك ؛

$$b^2 = a^2 - c^2 + 2ab \cos W_1$$

$$2b\delta b = 2a \cos W_1 \delta b - 2ab \sin W_1 \delta W_1$$

والآن ؛

ثم ؛

$$\therefore \delta W_1 = \frac{\delta b(b - a \cos W_1)}{ab \sin W_1} = \pm \frac{\delta bc}{ab \sin W_1}$$

وجعل δW_1 و δa و δb و δc مساوية التي الانحرافات
المعيارية يعطى ؛

$$\sigma_{W_1} = \pm \frac{c}{ab \sin W_1} (\sigma_a^2 + \sigma_b^2 + \sigma_c^2)^{\frac{1}{2}}$$

حيث ان ؛

$$\sigma_a = \frac{5.435}{20000} = \pm 2.7 \times 10^{-4}$$

$$\sigma_b = \frac{2.844}{20000} = \pm 1.4 \times 10^{-4}$$

$$\sigma_c = \frac{8.274}{20000} = \pm 4.1 \times 10^{-4}$$

$$\begin{aligned} \therefore \sigma_{W_1} &= \pm \frac{8.274 \times 206265 \times 10^{-4}}{5.435 \times 2.844 \sin 175^\circ 48' 24''} (2.7^2 + 1.4^2 + 4.1^2)^{\frac{1}{2}} \\ &= \pm 770'' \\ &= \pm 0^\circ 12' 50'' \end{aligned}$$

هذه هي معالجة معيارية للأخطاء الصغيرة ولا ينتفع هنا
من امثلة إضافية من هذا النوع، وبإمكان الطالب إيجاد
أمثلة متعددة لتطبيقاتها في الجزء الأول من كتاب
"المسح الهندسي" (سكوفيلد- شمان 1986) وخلال ما تبين
من هذا الجزء الثاني .

مثال 1-16: من المحطة P قيست الزوايا المقابلة للنظام
Q و R و S و T من قبل الراصدين A و B ، وقد رتب
القراءات كما في أدناه:
الزاوية الراصد

A	QPR	16 02 51
A	RPS	40 34 08
A	SPT	22 11 04
B	QPS	56 37 01
B	RPT	62 45 09

ولاجل توزيع الاوزان على القراءات فقد جرى لاختبار
مستقل فاس فيه كل من A و B زاوية معينة عددا كبيرا من
المرات وبينت نتيجة الاختبار بان الخطأ المعياري لـ B
كان ضعفاً ذلك لـ A. طبق اوزاناً مناسبة على القراءات
وجد اكثر القيم لاحتمالاً للزوايا التي اقرب (0.1°).
(جامعة لندن)

الحل

حيث ان الاوزان متناسبة عكسياً مع مربع الخطأ المعياري،
فلذا كان لـ B وزناً مقداره 1 سيكون لـ A وزناً مقداره
4 ، وهكذا:

QPR= $x=16^\circ 02' 51''$ (الوزن 4)
RPS= $y=40^\circ 34' 08''$ (الوزن 4)
SPT= $z=22^\circ 11' 04''$ (الوزن 4)
QPS= $(x+y)=56^\circ 37' 01''$ (الوزن 1)
RPT= $(y+z)=62^\circ 45' 09''$ (الوزن 1)

وباستخدام القيم المرصودة اعلاه كقيم مفترضة لـ x و y و z
يمكن تكوين معادلات الرصد:

$$16^\circ 02' 51'' + v_1 = 16^\circ 02' 51''$$

القيمة القيمة الاكثر
المرصودة لاحتمالاً

$$v_1 = 0 \text{ (الوزن 4) } \quad \text{لـ A}$$

اي ، بمقارنة القيمة الاكثر لاحتمالاً بالقيمة المرصودة
يكون الفرق بينهما هو الخطأ ،
وبنفس الطريقة:

$$v_2 = 0 \text{ (الوزن 4)}$$

$$v_3 = 0 \text{ (الوزن 4)}$$

$$16^\circ 02' 51'' + v_1 + 40^\circ 34' 08'' + v_2 = 56^\circ 37' 01''$$

ولكن: لـ B
 $v_1 + v_2 = -2''$ (الوزن 1)

$$40^\circ 34' 08'' + v_2 + 22^\circ 11' 04'' + v_3 = 62^\circ 45' 09''$$

ثم: لـ B
 $v_2 + v_3 = -3''$ (الوزن 1)

$$\begin{aligned}
 v_1 &= 0 \quad (\text{الوزن 4}) & \text{فبترتيب معادلات الرصد;} \\
 v_2 &= 0 \quad (\text{الوزن 4}) \\
 v_3 &= 0 \quad (\text{الوزن 4}) \\
 v_1 + v_2 &= 2'' \quad (\text{الوزن 1}) \\
 v_2 + v_3 &= -3'' \quad (\text{الوزن 1})
 \end{aligned}$$

إن معاملات v_1 و v_2 و v_3 هي a و b و c على التوالي وكلها تساوي 1.
فالتعويض في (المعادلة 1-21) مباشرة يعطى المعادلات الطبيعية؛

$$\begin{aligned}
 5v_1 + v_2 &= 2'' \\
 v_1 + 6v_2 + v_3 &= -1'' \\
 v_2 + 5v_3 &= -3''
 \end{aligned}$$

وبسهل حل هذه المعادلات بالجبر البسيط لتعطى:

$$v_1 = 0.4'' \quad v_2 = -0.1'' \quad v_3 = -0.6''$$

وهكذا تكون القيم الأكثر احتمالاً للزوايا؛

$$\begin{aligned}
 QPR &= 16^\circ 02' 51'' + 0.4'' = 16^\circ 02' 51.4'' \\
 RPS &= 40^\circ 34' 08'' - 0.1'' = 40^\circ 34' 07.9'' \\
 SPT &= 22^\circ 11' 04'' - 0.6'' = 22^\circ 11' 03.4''
 \end{aligned}$$

مثال 1-17: كان قد قيس الخط (ABCD) ككل وكأجزاء، وبسبب الاختلافات في درجات الضغط فقد خصصت أوزان للقياسات كما مبين أدناه؛

الوزن	الطول المقاس (متر)
3	AB 39.231
2	BC 120.716
2	CD 61.256
1	AC 159.935
1	AD 221.218

أوجد ، بطريقة المربعات المصغرة ، أكثر الأطوال احتمالاً للأجزاء (AB) و (BC) و (CD) التي اقرب 0.0001 متر.
(جامعة لندن)

الحل

$$\begin{aligned}
 AB=x &= 39.231 \quad (\text{الوزن 3}) \\
 BC=y &= 120.716 \quad (\text{الوزن 2}) \\
 CD=z &= 61.256 \quad (\text{الوزن 2}) \\
 AC=(x+y) &= 159.935 \quad (\text{الوزن 1}) \\
 AD=(x+y+z) &= 221.218 \quad (\text{الوزن 1})
 \end{aligned}$$

وبأخذ القيم المقاسة لـ x و y و z كقيم مقترضة ، ستكون معادلات الرصد الثلاث الأولى؛

$$v_1=0 \quad (\text{الوزن 2}) \quad v_2=0 \quad (\text{الوزن 2}) \quad v_3=0 \quad (\text{الوزن 3})$$

وبنفس الطريقة :
 $v_1 + v_2 = -12\text{MM. (الوزن 1)}$
 $v_1 + v_2 + v_3 = 15\text{MM. (الوزن 1)}$

وبالتمحيص تكون المعادلات الطبيعية :
 $(v_1 + v_2 + v_3 = 15\text{MM.})$ ر $(2v_1 + 4v_2 + v_3 = 3\text{MM.})$ ر $(5v_1 + 2v_2 + v_3 = 3\text{MM.})$

وعند الحل ينتج :
 $v_3 = 0.0052\text{M.}$ ر $v_2 = -0.0004\text{M.}$ ر $v_1 = -0.0003\text{M.}$

لذن فالقيم الأكثر احتمالا للأطوال :

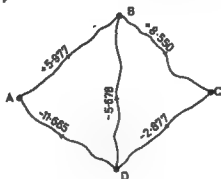
$AB = 39.231 - 0.0003 = 39.2307\text{M.}$
 $BC = 120.716 - 0.0004 = 120.7156\text{M.}$
 $CD = 61.256 - 0.0052 = 61.2612\text{M.}$

لاحظ : كان بالإمكان حل المثالين 1-16 و 1-17 بالمعادلات الشرطية بفارق بسيط في الوقت ، فالطريقة الأخيرة توفر تعقيفا على إتمام الشروط المعطاة ، لكن الطالب قد يجد تكوين المعادلات الشرطية أكثر صعوبة ، أيضا تجدر الإشارة هنا إلى أن التصحيحات المذكورة في أغلب هذه الأسطة قد أعطيت بدرجة ضبط أكبر مما هي في المعلومات الحقلية الأولية ، فالقيم النهائية لذن يجب أن تقرب إلى نفس درجة ضبط المعلومات الحقلية .

مثال 1-18 : أدناه الفروقات المقاسة للمناسيب بالامتار بين أربع محطات B و C و D و (شكل 1-8) مع الأوزان المقدرة لهذه القيم ، أوجد ، بطريقة المربعات المصغرة ، أكثر القيم احتمالا للفروقات بالمتناسب إلى اقرب 0.0001 متر .

الوزن	الانخفاض	الارتفاع	إلى	من
3		5.977	B	A
1		8.550	C	B
2	2.877		D	C
1	11.665		A	D
3	5.678		B	D

(جامعة لندن)



الشكل 1-8

لتبسيط الامور، افترض قيمة مطلقة مقدارها 100.00 متر للمحطة A ، ففي جميع تعديلات شبكات التسوية نفترض المحطة التي تبدأ منها عملية التسوية بأنها صحيحة، وعليه فالمعروف ايجاد مناسب B و C و D فقط .

باستخدام اول ثلاث فروقات للمناسيب المقاسة ، تكون المناسيب المقترضة لـ B و C و D :

$$B=105.977\text{M.} \quad C=114.527\text{M.} \quad D=111.650\text{M.}$$

والان يتم تكوين معادلات الرصد لكل خط من الشبكة كما يلي :

(اكثر منسوب لاحتمالا لـ B) ناقصا (اكثر منسوب لاحتمالا لـ A) يساوي (الفرق المقاس للمنسوب).

$$\begin{aligned} B + v_1 - A &= 5.977 & \text{أي:} \\ 105.977 + v_1 - 100.000 &= 5.977 & \text{لذن:} \\ v_1 &= 0 \quad (\text{الوزن 3}) & \text{لذن:} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C + v_2 - (B + v_1) &= 8.550 & \text{وبنفس الطريقة:} \\ 114.527 + v_2 - 105.977 - v_1 &= 8.550 & \text{لذن:} \\ v_2 - v_1 &= 0 \quad (\text{الوزن 1}) & \text{لذن:} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D + v_3 - (C + v_2) &= -2.877 & \text{ايضا:} \\ 111.650 + v_3 - 114.527 - v_2 &= -2.877 & \text{لذن:} \\ v_3 - v_2 &= 0 \quad (\text{الوزن 2}) & \text{لذن:} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A - (D + v_3) &= -11.665 & \text{ايضا:} \\ 100.000 - 111.650 - v_3 &= -11.665 & \text{لذن:} \\ v_3 &= 15\text{MM.} \quad (\text{الوزن 1}) & \text{لذن:} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B + v_1 - (D + v_3) &= -5.678 & \text{ايضا:} \\ 105.977 + v_1 - 111.650 - v_3 &= -5.678 & \text{لذن:} \\ v_1 - v_3 &= -5\text{MM.} \quad (\text{الوزن 3}) & \text{لذن:} \end{aligned}$$

وبتجميع معادلات الرصد لاجل سهولة التجميع:

$$\begin{aligned} v_1 &= 0 \quad (\text{الوزن 3}) & v_3 &= 15\text{MM.} \quad (\text{الوزن 1}) \\ v_2 - v_1 &= 0 \quad (\text{الوزن 1}) & v_1 - v_3 &= -5\text{MM.} \quad (\text{الوزن 3}) \\ v_3 - v_2 &= 0 \quad (\text{الوزن 2}) \end{aligned}$$

ومن خلال تجميع معادلات الرصد والمعادلة 1-25 تكون المعادلات الطبيعية:

$$\begin{aligned} 7v_1 - 3v_2 - 3v_3 &= -15\text{MM.} \\ -v_1 + 3v_2 - 2v_3 &= 0 \\ -3v_1 - 2v_2 + 6v_3 &= 30\text{MM.} \end{aligned}$$

ومن الحل ينتج: $\gamma_1 = 8.2\text{MM}$ ، $\gamma_2 = 6.2\text{MM}$ ، $\gamma_3 = 2.3\text{MM}$.

وهكذا تكون مناسب:
 $A=100.000\text{M}$ ،
 $B=105.977+0.0023=105.979\text{ M}$ ،
 $C=114.527+0.0062=114.533\text{ M}$ ،
 $D=111.650+0.0082=111.658\text{ M}$.

وعليه تكون الفروقات الأكثر احتمالاً بالمناسيب:

$A-B = 5.9793\text{M}$ ،
 $B-C = 8.5539\text{M}$ ،
 $C-D = -2.8750\text{M}$ ،
 $D-A = -11.6582\text{M}$.

المجموع يساوي: **سفر (بمحقق)**

وحيث أن $(D-B) = -5.6789\text{M}$ ، فهذا أيضا يحقق مع مجموع القيمتين الثانية والثالثة المعطاة أعلاه.

لاحظ: يجب ملاحظة النقاط المهمة التالية فيما يخص شبكات التسوية:

(1) بالنظر لما يعتقد من أن أخطاء المناسيب تخفض للقوانين الواردة ذكرها فإنها تتناسب مع الجذر التربيعي لطول الخط الذي تجري تسويته أي: $(\sigma \propto (L)^{1/2})$ ، مع ذلك، ولما كانت $(1/\sigma^2) \propto (1/\text{الوزن})$ ، فبالنسبة لخطوط التسوية تصبح $(1/w \propto (1/L))$ أي أن الوزن يتناسب عكسياً مع طول الخط الذي تجري تسويته.

(2) كان بالإمكان حل التمرين بنفس السهولة بطريقة المعادلات الشرطية، وفي تلك الحالة ستكون الشروط:

(A) يجب أن تطلق الدائرة (ABCD) إلى الصفر.
 (B) يجب أن تطلق الدائرة (BCDB) إلى الصفر.
 (C) يجب أن تطلق الدائرة (ABDA) إلى الصفر.

مع ذلك، فالتقادة المستخدمة في تحديد عدد الشروط قد تم ذكرها سابقاً، أي:

عدد الكميات الختلفة بشكل مباشر: يساوي 5
 $\langle \text{الخطوط} \rangle (AB) \text{ و } (BC) \text{ و } (DC) \text{ و } (DA) \text{ و } (DB)$
 عدد المجاهيل المستقلة: يساوي 3
 $\langle \text{المعطيات} \rangle B \text{ و } C \text{ و } D$

لذا عدد الشروط المطلوبة أعلاه: يساوي 2

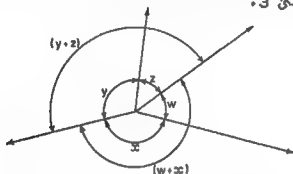
مثال 1-19: قيس الزوايا "التي تغفل الإفق" حول محطة معينة كما يلي:

$w = 70^\circ 05' 31.6''$
 $x = 164^\circ 23' 39.8''$
 $y = 96^\circ 50' 51.6''$
 $z = 28^\circ 39' 50.0''$
 $(w + x) = 234^\circ 29' 03.4''$
 $(y + z) = 125^\circ 30' 38.2''$

اوجد بطريقة المربعات الصغرى ، اكثر القيم احتمالا
للزوايا w و x و y و z . (جوليتكنيك كنگرنتون)

الحل

هذا التمرين هو موضح في (الشكل 9-1) حيث يتبين بان
هناك شرط يجب تحقيقه وهو ان القيمة الاكثر لاحتمالا
للزاوية $(w+x+y+z)$ تساوي 360° .
من هذا الشرط يمكن اذن رؤية انه اذا عرفت قيمة w و x
و y فإن القيمة الاكثر لاحتمالا لـ z يجب ان تكون
 $(360^\circ - (w+x+y))$. وهكذا يمكن ان نتعبر z بانها
كمية "غير مستقلة" $DEPENDENT$ ويتطلب الامر ايجاد قيم
 w و x و y فقط . وبهذه الطريقة يقل عدد المعادلات
الطبيعية من 4 الى 3 .



شكل 9-1

تؤخذ القيم المفترضة لـ w و x و y بانها تساوي القيم
المقاسة اعلاه، وعليه ستكون معادلات الرصد الثلاث الاولى:
 $v_1 = 0$ $v_2 = 0$ $v_3 = 0$

لذن القيمة الاكثر لاحتمالا لـ z تساوي :

$$= 360^\circ - (w + v_1 + x + v_2 + y + v_3) = 28^\circ 39' 50.0''$$

وتعويض القيم المفترضة لـ w و x و y يعطى:

$$w + v_1 + x + v_2 = 234^\circ 29' 03.4''$$

وبنفس الطريقة :
وتعويض القيم المفترضة لـ w و x يعطى:

$$v_1 + v_2 = -8''$$

$$(y+z) = y + v_3 + 360^\circ - (w + v_1 + x + v_2 + y + v_3) = 125^\circ 30' 38.2''$$

وتعويض القيم المفترضة لـ w و x و y يعطى:

$$v_1 + v_2 = 10.4''$$

لن المعادلات الطبيعية المكونة من معادلات الرصد
مباشرة ومن (المعادلة العامة 23-1) بالطريقة
الاعتيادية هي:

$$4v_1 + 3v_2 + v_3 = +9.4''$$

$$3v_1 + 4v_2 + v_3 = +9.4''$$

$$v_1 + v_2 + 2v_3 = +7.0''$$

$$v_1 = 0.98''$$

$$v_2 = 0.98''$$

$$v_3 = 2.52''$$

والحل يعطى:

لأن القيمة الأكثر احتمالا لـ $w = 70^{\circ} 05' 31.6'' + 0.98'' = 70^{\circ} 05' 32.6''$;
 والقيمة الأكثر احتمالا لـ $x = 164^{\circ} 23' 39.8'' + 0.98'' = 164^{\circ} 23' 40.8''$;
 والقيمة الأكثر احتمالا لـ $y = 96^{\circ} 50' 51.6'' + 2.52'' = 96^{\circ} 50' 54.1''$;
 والقيمة الأكثر احتمالا لـ $z = 360^{\circ} - (w + x + y) = 28^{\circ} 39' 52.5''$

مثال 20-1 : الزوايا المقاسة لشكل رباعي ارضي (ABCD) معطاة أدناه مع لوغاريثمات جيبوها والارتفاعات في لوغاريثمات الجيوب لثانية واحدة وأوزان كل منها .

الوزن	الفرق للوغاريثم للجيب لثانية واحدة	لوغاريثم الزاوية الجيب المقاسة	العدد
2	0.000 031 7	35 05 09	1 CAD
2	0.000 014 2	56 06 57	2 BAC
1	0.000 020 2	46 16 00	3 DBA
1	0.000 020 2	46 14 08	4 CBD
2	0.000 034 6	31 22 49	5 ACB
2	0.000 035 8	30 28 41	6 DCA
3	0.000 006 9	71 54 02	7 BDC
3	0.000 023 0	42 32 02	8 ADB

استخرج المعادلات الطبيعية لإيجاد أكثر القيم احتمالا للزوايا بطريقة المربعات المقلية. لا يطلب حل المعادلات ولكن يجب ذكر الخطوات اللازمة للحصول على تصحيحات الزوايا بعد حل المعادلات .

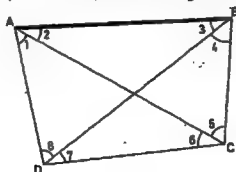
لاحظ بأن :

مجموع لوغاريثمات جيوب الزوايا الفردية ناقصا مجموع لوغاريثمات جيوب الزوايا الزوجية يساوي $(-0.000\ 008)$ (جامعة لندن)

الحل

لأجل إفادة الطالب سوف يجرى حل هذا السؤال : (1) بدون ضرب أوزان و (2) بشكله الأصلي الماوي على أوزان بالطريقة المباشرة باستخدام معاملات الارتباط . CORRELATIVES

المتبع عمليا في الوقت الحاضر هو استخدام طريقة تغيير الأحداثيات ، وهذا يتطلب استخدام الكومبيوتر .



شكل 10-1

(1) من الضروري الحصول على العدد الصحيح من المعادلات الشرطية المطلوبة. وبالرجوع إلى (الشكل 1-10) يتبين بأن عدد الكميات المقاسة مباشرة هو ثمان ، وعدد المجاهيل المستقلة هو أربعة. وهذه الملاحظة الأخيرة يجب أن ينظر إليها الآن بعناية. ففي أي مشروع تثليث بقياس الزوايا TRIANGULATION ، يبدأ العمل من خط القاعدة (AB) لتثبيت مواقع لإحداثيات النقاط الأخرى. وهكذا فتثبتت C و D تتطلب معرفة تفریقهما وتشميلهما مما يعطي أربعة مجاهيل مستقلة. فعدد المعادلات الشرطية المطلوبة إذن هو $(8-4=4)$. فكما هو مبين في الفصل الثاني من هذا الكتاب هنالك ثمانية شروط لتعديل الشكل الرباعي متقاطع الاقطار CROSSED QUADRILATERAL ، لا تكون كلها مستقلة. أما أربعة الشروط الأكثر استقلا

$$\begin{aligned} 1+2+3+4+5+6+7+8 &= 360^\circ \\ 2+3-6-7 &= 0 \\ 1+8-4-5 &= 0 \end{aligned}$$

$$\log \sin 1 + \log \sin 3 + \log \sin 5 + \log \sin 7 - (\log \sin 2 + \log \sin 4 + \log \sin 6 + \log \sin 8) = 0$$

حيث بسمي هذا الشرط الأخير بشرط الضلع SIDE CONDITION وغالبا ما يكتب :

$$\begin{aligned} &= (\text{لوغاريثمات جيوب الزوايا الفردية}) \\ &(\text{لوغاريثمات جيوب الزوايا الزوجية}) \end{aligned}$$

ونظر الفصل الثاني فيما يخص الاشتقاق.

وحيث ان الشكل الرباعي متقاطع الاقطار هو شكل "اثنى UNIQUE" فالشروط اعلاه هي الشروط القياسية المستخدمة في تعديله دائما .

وبغرض التصحيحات $\delta_1, \dots, \delta_8$ للزوايا 1 ... 8 ، تصبح المعادلات الشرطية كما يلي :

$$1 + v_1 + 2 + v_2 + 3 + v_3 + 4 + v_4 + 5 + v_5 + 6 + v_6 + 7 + v_7 + 8 + v_8 - 360^\circ = 0$$

وتعويض القيم المقاسة للزوايا 1 و 2 و ... و 8 يعطى :

$$v_1 + v_2 + v_3 + v_4 + v_5 + v_6 + v_7 + v_8 - 12'' = 0$$

وبنفس الطريقة :

$$\begin{aligned} v_2 + v_3 - v_6 - v_7 + 14'' &= 0 \\ v_1 + v_8 - v_4 - v_5 + 14'' &= 0 \end{aligned}$$

$$317v_1 - 142v_2 + 202v_3 - 202v_4 + 346v_5 - 358v_6 + 69v_7 - 230v_8 - 86 = 0$$

لقد تم الحصول على المعادلة الأخيرة كما يلي : لو تم تصحيح الزاوية 1 بمقدار $(+1)$ فإن تصحيح لوغاريثم جيوبها سيكون $(+0.0000317)$ كما هو مبين في السؤال. وهكذا - عموما - يؤدي التصحيح (δ_1) للزاوية 1 إلى تصحيح مقداره $(\delta_1 d_1)$ لوغاريثم جيوبها ، حيث ان d_1 هو "الفرق" في لوغاريثم الجيب لتغيير مقداره δ_1 في الزاوية

لأن طرف الضلع يكتب كالتالي :

$$\log \sin 1 + d_1 v_1 + \log \sin 3 + d_3 v_3 + \log \sin 5 + d_5 v_5 + \log \sin 7 + d_7 v_7 \\ - (\log \sin 2 + d_2 v_2 + \log \sin 4 + d_4 v_4 + \log \sin 6 + d_6 v_6 + \log \sin 8 + d_8 v_8)$$

مع ذلك ، ولما كان :

$$\sum \text{LOG SIN}(\text{زوايا موجبة}) - \sum \text{LOG SIN}(\text{زوايا فردية}) = E$$

فإن المعادلة أعلاه يمكن كتابتها كما يلي :

$$d_1 v_1 - d_2 v_2 + d_3 v_3 - d_4 v_4 + d_5 v_5 - d_6 v_6 + d_7 v_7 - d_8 v_8 \pm E = 0$$

وتعويض قيم d و E من السؤال يعطي المعادلة الشرطية المذكورة في صفحة 72 . وللسهولة فقد تتم إعادة كتابة المعادلات الشرطية هنا بعد ضربها بمعاملات ارتباطها ، والخ.

$$K_1(v_1 + v_2 + v_3 + v_4 + v_5 + v_6 + v_7 + v_8 - 12'') = 0 \langle A55-1 \rangle$$

$$K_2(v_2 + v_3 - v_6 - v_7 + 14'') = 0 \langle B55-1 \rangle$$

$$K_3(v_1 + v_8 - v_4 - v_7 + 14'') = 0 \langle C55-1 \rangle$$

$$K_4(317v_1 - 142v_2 + 202v_3 - 202v_4 + 346v_5 - 358v_6 + 69v_7 - 230v_8 - 86'') = 0 \langle D55-1 \rangle$$

ثم بالتعميم المباشر، كما هو مبين في (الفقرة 8-11-1) تكون المعادلات الطبيعية :

$$8K_1 + 0 + 0 + 2K_4 - 12'' = 0$$

$$0 + 4K_2 + 0 + 349K_4 + 14'' = 0$$

$$0 + 0 + 4K_3 - 57K_4 + 14'' = 0$$

$$2K_1 + 349K_2 - 57K_3 + 507802K_4 - 86 = 0$$

إن القيمة الأخيرة البالغة 507 802 هي بالطبع عبارة عن مجموع مربعات معاملات (المعادلة D55-1) ويجب على الطلبة أن يكونوا حذرين جداً مع الكميات السالبة. فمثلاً ، لقد تم استخراجه $(K_2[M])$ من ضربى معاملى (المعادلتين B55-1 و D) كالتالى :

$$(1 \times (-142)) + (1 \times 202) + ((-1) \times (-358)) + ((-1) \times 69) = 349$$

وعلى الطالب دراسة (الفقرة 8-11-1) بعناية عند تكوين المعادلات الطبيعية.

أيضاً من المعادلات الشرطية يمكن إثبات :

$$v_1 = K_1 + K_3 + 317K_4 \quad v_5 = K_1 - K_3 + 346K_4$$

$$v_2 = K_1 + K_2 - 142K_4 \quad v_6 = K_1 - K_2 - 358K_4$$

$$v_3 = K_1 + K_3 + 202K_4 \quad v_7 = K_1 - K_2 + 69K_4$$

$$v_8 = K_1 - K_3 - 202K_4 \quad v_8 = K_1 + K_3 - 230K_4$$

(2) الألوان (بشكلها المجدول) - راجع (الجدول 4-1)

(A) تستخرج المعادلات الشرطية بنفس الطريقة المذكورة في (1) أعلاه . انظر (المعادلات A55-1 إلى D) .
(B) يتم إدخال معاملات عمودها في العمود المناسب.

المردول 4-1

V	1/w x C = W'	a	b	c	d	Wba	Wbb	Wbc	Wbd	Wbb	Wbc	Wbd	Wbc	Wbd
v_1	$\frac{1}{2} \times 6 = 3$	1		1	317	3	0	3	951	0	0	0	3	951
v_2	3	1	1		-142	3	3	0	-426	3	0	0	0	301 467
v_3	6	1	1		202	6	6	0	1212	6	0	0	0	60 492
v_4	6	1		-1	-202	6	0	-6	-1212	0	0	0	0	244 824
v_5	3	1			346	3	0	-3	1038	0	0	0	3	244 824
v_6	3	1	-1		-338	3	-3	0	-1074	3	0	0	0	359 148
v_7	2	1	-1		69	2	-2	0	138	2	0	0	0	384 492
v_8	2	1		1	-230	2	0	2	-460	0	0	0	0	9 572
v_9													2	105 800
[] = 28 4 -4 167 14 0 1722 14 665 1710 569														

المعادلات العامة :

$$28K_1 + 4K_2 - 4K_3 + 167K_4 - 12'' = 0$$

$$4K_1 + 14K_2 + 0 + 1722K_4 + 14'' = 0$$

$$-4K_1 + 0 + 14K_2 + 665K_4 + 14'' = 0$$

$$167K_1 + 1722K_4 + 665K_3 + 1710 569K_4 - 86 = 0$$

(لحفظ النتائج)

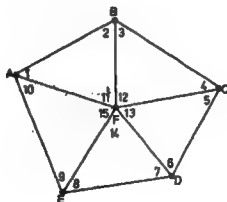
(C) بعد ذلك يتم تجميع المعاملات حسب الصنابير المناسبة ، صف بعد صف .
(D) تستخرج العلاقة بين التصحيح v ومعامل الارتباط K من المعادلات الشرطية بالطريقة الاعتيادية ، وهذه العلاقة بالطبع هي مطابقة لتلك العلاقة المذكورة في (1) اعلاه ، لكنها يجب ان تشرب بمقلوب وزنها وكما هو مبين في (الفترة 1-11-9) .

مثال 1-21 : كجزء من مشروع تثبيت بقياس الزوايا TRIANGULATION الذي يتألف من المضلع (ABCDE) وبداخله المحطة F ، مدرج ادناه الزوايا المقاسة مع لوفاريثمات جيوب الزوايا الخارجية .

الزوايا المقاسة			لوفاريثم الجيب	الفرق في لوفاريثم الجيب لـ (1")
1	BAF	38 44 54	7.796 503 5	0.000 002 6
2	FBA	83 48 01		0.000 000 2
3	CBF	42 34 30	7.830 303 0	0.000 002 3
4	FCB	60 11 18		0.000 001 2
5	DCF	56 02 45	7.918 808 3	0.000 001 4
6	FDC	37 44 14		0.000 002 7
7	EDF	40 06 22	7.809 024 3	0.000 002 5
8	FED	86 53 52		0.000 000 1
9	AEF	70 05 48	7.973 251 8	0.000 000 8
10	FAE	23 48 13		0.000 004 8
11	AFB	57 27 01		
12	BFC	77 14 17		
13	CFD	86 13 02		
14	DFE	52 59 48		
15	EFA	06 05 57		
$\Sigma = 1.327 892 9$			1.327 902 1	

استخرج المعادلات الطبيعية المطلوبة في الحل بطريقة المربعات الصغرى بغير اوزان متساوية لكافة الزوايا ،
علما بان حل المعادلات هو غير مطلوب. (جامعة لندن)

الحل:



شكل 1-11

من «الشكل 1-11» ، شروط التعديل هي :

$$1 + 2 + 11 = 180^\circ$$

$$3 + 4 + 12 = 180^\circ$$

$$5 + 6 + 13 = 180^\circ$$

$$7 + 8 + 14 = 180^\circ$$

$$9 + 10 + 15 = 180^\circ$$

$$11 + 12 + 13 + 14 + 15 = 360^\circ$$

$$1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8 + 9 + 10 = (2n - 4)90^\circ = 540^\circ$$

$$\sum \text{LOG SIN}(\text{زوايا زوجية}) = \sum \text{LOG SIN}(\text{زوايا فردية})$$

ولابد عدد الشروط المطلوبة :

عدد الكميات المرمودة بشكل مباشر : يساوي 15

عدد المجاهيل المستقلة : يساوي 8

لذن عدد الشروط المطلوبة : يساوي 7

خذ اى خط - واليكن (AB) - كقاعدة، فلن عدد النقاط المطلوب تثبيتها هو اربع، اى C و D و E و F ، ولكل منها تفريق وتنشيل ، وهذا يعطى ثمانية مجاهيل مستقلة. ويمكن الان اختيار اية سبعة من الشروط الثمانية المذكورة على ان يدرج شرط الضلع من ضمنها . وهكذا يحدد الشرط الاول يتم تكوين المعادلات الشرطية التالية كما فى المثال السابق :

$$K_1(v_3 + v_4 + v_{12} + 5^\circ) = 0$$

$$K_2(v_5 + v_6 + v_{13} + 1^\circ) = 0$$

$$K_3(v_7 + v_8 + v_{14} + 2^\circ) = 0$$

$$K_4(v_9 + v_{10} + v_{15} - 2^\circ) = 0$$

$$K_5(v_{11} + v_{12} + v_{13} + v_{14} + v_{15} + 5^\circ) = 0$$

$$K_6(v_1 + v_2 + v_3 + v_4 + v_5 + v_6 + v_7 + v_8 + v_9 + v_{10} - 3^\circ) = 0$$

$$K_7(26v_1 - 2v_2 + 23v_3 - 12v_4 + 14v_5 - 27v_6 + 25v_7 - v_8 + 8v_9 - 48v_{10} - 92) = 0$$

والمعادلات الطبيعية ، باستخدام «المعادلة العامة 33-1» تكون :

$$3K_1 + 0 + 0 + 0 + K_2 + 2K_3 + 11K_7 + 5^\circ = 0$$

$$0 + 3K_2 + 0 + 0 + K_3 + 2K_5 - 13K_7 + 1^\circ = 0$$

$$0 + 0 + 3K_3 + 0 + K_5 + 2K_6 + 24K_7 + 2^\circ = 0$$

$$0 + 0 + 0 + 3K_4 + K_5 + 2K_6 - 40K_7 - 2^\circ = 0$$

$$K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + 5K_5 + 0 + 0 + 3^\circ = 0$$

$$2K_1 + 2K_2 + 2K_3 + 2K_4 + 0 + 10K_5 + 6K_7 - 3^\circ = 0$$

$$11K_1 - 13K_2 + 24K_3 - 40K_4 + 0 + 6K_5 + 5272K_7 - 92 = 0$$

ولو ان هذا ينتهى السؤال حسب المطالب ، ولكن على الطالب محاولة استخراج العلاقة بين K_7 و K_6 ايضا ، اى :

$$v_1 = K_6 + 26K_7, v_2 = K_6 - 2K_7, v_{10} = K_4 + K_6 - 48K_7, v_4 = K_1 + K_6 - 12K_7, \dots \text{والخ.}$$

هنالك نقطة جديرة بالملاحظة فى تعديل اى مضلع وهى ان الزوايا فى النقطة المركزية لا تستخدم فى شرط الضلع.

تمارين

1-1 اشرح معنى كل من الخطأ العشوائي RANDOM ERROR و الخطأ النظامي SYSTEMATIC ERROR وبين بمثال كيف يمكن ان يحدث كل منهما في اعمال المسح الاعتيادية.

قيست زاوية عشر مرات من قبل الراصد A وكانت القراءات كما يلي ، علما بان اعتماد RELIABILITY كافة القراءات هو متساوي :

$$74^{\circ}38'48'' \quad 20^{\circ}19'21'' \quad 24^{\circ}16'22'' \quad 17^{\circ}49'43''$$

حيث ان الدرجات والدقائق بقيت ثابتة لكافة القراءات، ثم قيس نفس الزاوية تحت نفس الظروف ولكن من قبل الراصد B ، وكانت القراءات كما يلي :

$$74^{\circ}36'10'' \quad 21^{\circ}25'08'' \quad 15^{\circ}20'28'' \quad 11^{\circ}18'24''$$

اوجد الانحراف المعياري STANDARD DEVIATION لكل راصد ووزنيهما النسبيين RELATIVE WEIGHINGS.
(جمعية المهندسين المدنيين البريطانية)

[الجواب: $(\pm 3.4^{\circ})$ و $(\pm 6.5^{\circ})$ و $(A:B=9:2)$]

1-2 لابتداء بالمبادئ الاولى، استخرج تعبيراً للخطأ المعياري في الزاوية المحتسبة لا في مثلث وايزباخ WEISBACK TRIANGLE ، بفرض خطأ معياري مقداره (σ) في زاوية مثلث وايزباخ لا واخطاء معيارية مساوية متناسبة في قياس الاضلاع.

ما هي العلاقات التي يمكن ان تستخرج من معادلات الخطأ الناتجة والتي لها علاقة بتقنية الارتباط CORRELATION باستخدام هذه الطريقة ؟
(بوليتكنيك كنكزتون)

[الجواب: انظر كتاب المسح الهندسي/الجزء الاول(سكوفيلد - شمان) 1986]

1-3 ما هو الفرق بين الخطأ ERROR والغلطة MISTAKE ؟ وكيف يطبق الوزن WEIGHTING على القراءات ؟

اربعة رواقم تسوية A و B و C و D ، خيتم بواسطة عملية التسوية الدقيقة حيث انقيمت القراءات الخلفية والقراءات الامامية متساوية في الطول، والجدول ادناه يبين القراءات المأخوذة والمسافات وعدد المرات التي جرت بها عملية التسوية. فلذا كان متوسط A هو 27.091م فوق مستوي الاسناد المساجي(AOD)، اوجد القيم المحتملة للنقاط الاخرى(I) غير موزونة(II) موزونة.

(جامعة لندن)

عدد مرات التسوية	المسافة (كم)	التحويل (متر)	الخط
مرة واحدة	المسافة 4	6.254 ارتفاع	A إلى B
مرتين	المسافة 5	5.316 ارتفاع	B إلى C
مرة واحدة	المسافة 3	4.639 ارتفاع	C إلى D
مرتين	المسافة 6	9.970 انخفاض	D إلى B
مرتين	المسافة 6	11.558 انخفاض	C إلى A

الجواب: (I) $(B=33.339M.)$ و $(C=38.655M.)$ و $(D=43.302M.)$
 (II) $(B=33.337M.)$ و $(C=38.655M.)$ و $(D=43.301M.)$

4-1 القروقات بالمناصب بين أربع محطات تثليث (بقياس الزوايا) A و B و C و D كما اختُصت بالتسوية المثلية TRIGONOMETRIC LEVELLING هي كما مبين أدناه مع الأوزان النسبية للقراءات، فلذا كان منسوب A يساوي 108.32 م، أوجد أكثر القيم احتمالا لمناصب المحطات B و C و D. (جمعية المهندسين المدنيين البريطانية)

وزن القراءات	الفرق بالمنسوب (متر)	الخط
1	18.50	A إلى B
2	-11.42	B إلى C
3	5.93	C إلى D
1	-12.95	D إلى A
3	-5.64	B إلى D

[الجواب: 126.84 متر و 115.36 متر و 121.25 متر]

5-1 قراءات الزوايا من المحطة O إلى خمس محطات أخرى P و Q و R و S و T كما هو مجدل أدناه ، وقد قراءت مجموعات معينة من الزوايا مرتان، أما الأوزان التي يجب أن تعطى للقراءات فهي كما في الجدول،

الوزن قيمة الزاوية. العدد الزاوية

POQ	1	54	27	34	2
QOR	2	73	21	43	2
ROS	3	86	17	22	2
SOT	4	79	14	35	2
TOP	5	66	38	47	2
POS	6	214	06	38	3
SOP	7	145	53	26	5

أوجد أكثر القيم احتمالا للزوايا التي اقرب شاذية واحدة. (جامعة لندن)

[الجواب: ايماء 5 هي كمية غير مستقلة ، وتمحيص المعادلات الطبيعية يعطي بسرعة $(\mu_1=1^\circ, \mu_2=1^\circ, \mu_3=-1^\circ, \mu_4=1^\circ)$]

1-6 يتألف جزء من مشروع تنظيم (بقياس الزوايا) من المثلث (ABC) والنقطة المركزية D، ومجدول أدناه الزوايا المقاسة مع لوغاريتمات جيوب الزوايا الخارجية. اذكر شروط تعديل الشكل، ومن ثم اختر العدد الصحيح من الشروط المطلوبة واستخرج المعادلات الطبيعية المطلوبة للتعديل بالمرجعات الصغرى للشكل باستخدام طريقة معاملات الارتباط لا تحاول حل المعادلات ولكن استخرج العلاقة الخطية LINEAR RELATIONSHIP بين معاملات الارتباط والاقطاع المتبقية. (بوليتكنيك كنغزتون)

الرقم	الفرق (1°)	لوغاريتمات الجيوب	قيمة الزاوية	الزاوية
1			DAB	23 02 45.4
2			ABD	67 43 16.1
3			CBD	37 10 55.4
4			BCD	24 12 01.0
5			ACD	17 12 50.8
6			CAD	10 38 08.3
7			ADB	89 13 57.6
8			BDC	118 37 05.7
9			ADC	152 08 56.7
المجموع = 1,845 157 2 Sum = 1,845 194 3				

[الجواب : خمسة شروط ، الجواب سيختطف تبعاً للشروط المختارة.]

1-7 خمس محطات تنظيم (ABCDE) على هيئة الشكل الرباعي (ABCD) مع الم محطة الداخلية E، أما الزوايا المقاسة فهي كما يلي:

الرقم	الفرق (1°)	لوغاريتم الجيوب	قيمة الزاوية
EAB	0.000 003 5	1,711 678 0	30 39 14
ABE	0.000 002 1	1,847 094 8	44 41 11
BEC	0.000 001 2	1,943 343 6	61 21 56
ECB	0.000 001 5	1,915 945 6	55 19 07
BCD	0.000 001 3	1,928 566 5	58 01 51
CDE	0.000 002 0	1,856 292 6	45 54 45
EDA	0.000 003 2	1,739 321 0	33 16 36
DAE	0.000 003 6	1,704 473 7	30 25 22
BEA			104 19 38
CEB			63 18 58
BEC			76 03 41
AED			116 17, 43

استخرج المعادلات الطبيعية المطلوبة لإيجاد الأخطاء في القيم المقاسة بطريقة المربعات الصغرى. افرض بأن لكافة القراءات وزناً واحداً وإهمل الزيادة الكروية

SPHERICAL ACCESS. ولا داعي لحل المعادلات.

(جامعة لندن)

[الجواب: ستة شروط - والجواب سيختلف تبعا للشروط
المفترضة].

المصادر

- 1 ASHKENAZI, V. 'Adjustment of Control Networks for Precise Engineering Surveys', *Chartered Surveyor*, No 102, 1970.
- 2 ASHKENAZI, V., et al. 'Measurement of Deformations by Surveying Techniques', Seminar, University of Nottingham, Jan 1978.
- 3 PLACKETT, R. L. 'A Historical Note on the Method of Least Squares', *Biometrika*, Vol 36, Dec 1969.
- 4 SCHOFIELD, W. 'The Effect of Various Adjustment Procedures on Traverse Networks', *The Civil Engineering Surveyor*, April and May 1979.
- 5 SCHOFIELD, W. 'Traverse Adjustment by Variation of Co-ordinates', *The Civil Engineering Surveyor*, June and Sept 1979.
- 6 SUNTER, A. B. 'Statistical Properties of Least Squares Estimates', *Canadian Surveyor*, March 1966.

الفصل الثاني مسرحات القسط

عموماً، يتم تكوين شبكات القسط ذات الثلاثة ابعاد للمشاريع الانشائية الكبيرة كالانفاق والجسور والمشاريع الانشائية الكهربائية... والخ من خلال :

- (1) التثليث بقياس الزوايا TRIANGULATION.
- (2) التثليث بقياس الاضلاع TRILATERATION.
- (3) المزج بين (1) و(2)، أي التثليث بقياس الزوايا والاضلاع TRIANGULATERATION.
- (4) التثليث TRAVERSING بقياس المسافة الكترومترياً ELECTRO MAGNETIC DISTANCE MEASUREMENT (EDM).

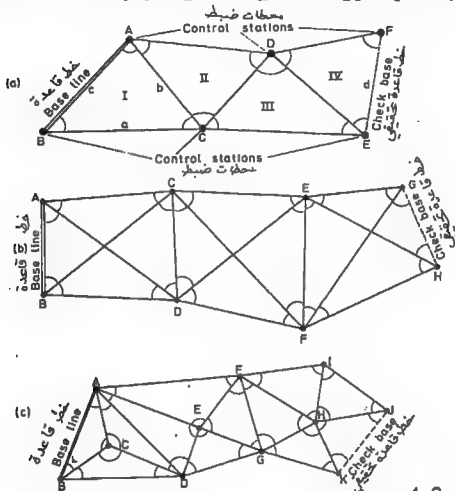
في الوقت الذي تكون فيه عملية التثليث بقياس الزوايا أكثر التقنيات شيوعاً ، فقد أخذ محل محلها بسرعة - في المسح الهندسي الحديث - التثليث بقياس المسافة الكترومترياً ، وقد أثبتت الأخيرة بأنها لا تختلف عن الأولى بالدقة، لإضافة إلى أنها أكثر اقتصاداً منها بكثير. أما التثليث بقياس الاضلاع ، فبالرغم من أنها جيدة نظرياً لكنها لا تستخدم بكثرة ، وربما يعزى هذا لعدم توفر التمهينات السهلة وحساباتها المعقدة. أما البديل (3) أي التثليث بقياس الزوايا والاضلاع فتستخدم بشكل واسع جداً وذلك للحصول على سيطرة أكبر على خطأ القياس SCALE ERROR في أعمال التثليث بقياس الزوايا .

2-1 التثليث بقياس الزوايا TRIANGULATION

ولو أن المساحات التي تتعامل معها أعمال الانشاءات صغيرة نسبياً بالمقارنة مع المسوحات الوطنية (معطية ما يسمى بالتثليث بقياس الزوايا الدقيق MICRO TRIANGULATION) غالباً ما تكون درجة الضبط ACCURACY المطلوبة لتكوين مسوحات الضبط عالية جداً، مثل قياسات الانفاق الطويلة أو قياسات تشويبات السدود.

إن أسس هذه الطريقة موضحة من خلال الاشكال الاساسية النموذجية المبينة في (الشكل 2-1)، فلذا فيست جميع الزوايا يتم الحصول على بقياس الشبكة من خلال قياس ضلع واحد فقط ، أي قياس خط القاعدة، وعليه فإن أي خطأ في قياس خط القاعدة سيؤدي إلى خطأ في القياس على امتداد الشبكة. وهكذا ، ولأجل السيطرة على الخطأ يجب قياس خطوط قاعدة تحقيقية CHECK-BASE LINES على فترات، ويعرف خطأ القياس بأنه الفرق بين طول خط القاعدة الحقيقي المقاس والمحسوب، وباستخدام خط القاعدة والزوايا المعدلة يمكن إيجاد أطوال بقية اضلاع المثلثات وبالتالي إيجاد إحداثيات محطات الضبط CONTROL STATIONS.

إن أكثر ما يناسب التمثيلث هي الأماكن المتموجة المفتوحة التي تعطي خطوط نظرويلة خالية من العوارض، أما في المناطق الحضرية (أي في المدن) فتستخدم السطوح في أعمال التمثيلث بقياس الزوايا حيث تثبت محطات الضبط على سطوح المباني الممكن الوصول إليها.



شكل 1-2 (أ) سلسلة من مثلثات بسيطة (ب) أشكال رباعية متقاطعة الاقطار (ج) مضمارات بنقاط مركزية

1-1-2 شكل المثلث

يتم احتساب اضلاع الشبكة من قانون الجيوب ، فمن المثلث (ABC) في (الشكل 1-2 أ) :

$$\log b = \log c + \log \sin B_1 - \log \sin C_1$$

ويتم ايجاد تاشير الاخطاء في قياس الزاويتين B و C على الطلع b بالطريقة الاعتيادية. فنحذ الخطأ (δB) في الضلع (b) الذي سجله الخطأ (δB) في قياس الزاوية B ، وهكذا :

$$\frac{\delta b}{b} = \delta B \cot B$$

ونفس الشيء بالنسبة للخطأ (δC) في قياس الزاوية C :

$$\frac{\delta b}{b} = -\delta C \cot C$$

فلذا اعتبرنا بأن الأخطاء اعلاه هي أخطاء معيارية فلن
تركيبها مع بعضها يعطى:

$$\frac{\sigma_b}{b} = \{(\sigma_B \cot B)^2 + (\sigma_C \cot C)^2\}^{\frac{1}{2}}$$

ايضا، وبفرض أخطاء زاوية متساوية الى (σ_B = σ_C = σ' RAD.)
ينتج:

$$\frac{\sigma_b}{b} = \sigma(\cot^2 B + \cot^2 C)^{\frac{1}{2}} \quad \dots (1-2)$$

تشير (المعادلة 1-2) بأنه عندما تقترب الزاويتان
C و B من 90° يكون تأثير الخطأ الزاوي على الضلع
المحتسب b بأصغر قيمة MINIMUM. وهكذا فالشبكة المثالية
للاشكال 1-2 A تكون بجعل الزوايا المقابلة للأضلاع
التي لا تدخل في احتساب خطأ المقياس صغيرة جدا، أي
الأضلاع (BC) و (AD) و (CE) و (DF). مع ذلك فلن كذا شبكة لا
تكون مقترحا عمليا وذلك بسبب محدودية تغطيتها
الارضية وأفضل حل يكون باستخدام مثلثات متساوية الأضلاع
أيضا كان ذلك ممكنا، أما إذا كان لابد من وجود الزوايا
المغيرة كما إذا لم يكن بالإمكان تثبيتها بحيث لا تدخل
في حسابات المقياس، فيجب ان تقاس بدرجة عالية من
الدقة.

افرض الآن بأن (B=C=60°) و (σ' = ±1"). وهكذا لما كان

$$\frac{\sigma_b}{b} = \frac{1}{200\,000} \left(\frac{2}{3}\right)^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{245\,000} \quad ; \quad (\sigma' \text{ RAD.} \approx 1/20\,000) \quad \text{و} \quad (\cot 60^\circ = \frac{1}{\sqrt{3}})$$

وسيكون الخطأ بعد n من المثلثات مساويا الى n^{1/2} مرة
بفرض الخطأ في كل مثلث.

$$\therefore \frac{\sigma_b}{b} = \frac{n^{\frac{1}{2}}}{245\,000}$$

وهكذا بعد تسع مثلثات مثلا، سيكون خطأ المقياس مساويا
(1/82 000) تقريبا، وهذه النتيجة تشير الى الحاجة الى
اعلى درجة من الضبط في قياس خط القاعدة وقياس
الزوايا، كما تشير الى الحاجة الى قواعد تعقبية على
فترات منتظمة والتي مثلثات منسقة جدا WELL CONDITIONED

يمكن الاثبات بأن (المعادلة 1-2) - عند تعديل

$$\frac{\sigma_b}{b} = \sigma \{ \frac{1}{3}(\cot^2 B + \cot B \cot C + \cot^2 C) \}^{\frac{1}{2}} \quad ; \quad \text{الزوايا - تصبح}$$

والتي تشير - نظريا - الى انه لا يوجد تحسن في خطأ
المقياس إذا كانت (B = C).

2-1-2 الخطرات العامة

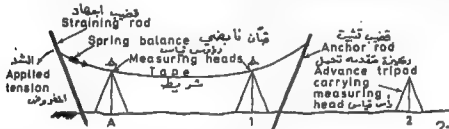
- (1) استطلاع المنطقة لضمان افضل مواقع ممكنة للمحطات
ولخطوط القاعدة.
- (2) إنشاء المحطات.
- (3) تقريرونوع الهدف والجهاز اللذان سيستخدمان وطريقة
الرصد ايضا، كل ذلك يعتمد على الدقة المطلوبة واطوال

خطوط النظر المتضمنة.
(4) قياسات الزوايا وخط القاعدة.
(5) الحسابات - لحساب خط القاعدة وتعديل المحطات والشكل ثم لإحداثيات المحطات بالطرق المباشرة.

لقد تم إعطاء فكرة عامة عن التثليث بقياس الزوايا TRIANGULATION ، وسيجرى الآن بحث نواحيها المختلفة بالتفصيل.

2-1-3 خطوط القاعدة المقاسة بالشريط المعلق

لأجل تحقيق درجة الضبط المطلوبة ، تنفذ خطوط القاعدة إما باستخدام الشريط المعلق المصنوع من الحديد أو من معدن الانقار ، أو باستخدام أجهزة قياس المسافة الإلكترونية (EDM) ، وكلما أصبح استخدام الشريط المعلق أقل شعبية طبعاً ، في الحقيقة ، يتضح بأن درجات الضبط الفائقة التي تمتلكها كذا معدات لقياس المسافات القصيرة كجهاز KERN MEKOMETER تجعل طرق الشريط المعلق مبهتة. مع ذلك فإن طرق الشريط المعلق لاتزال تستخدم ، ويمكن أن يكون البحث المتعمق في الأخطاء النظامية SYSTEMATIC ERRORS التي تحدث بهذه الطريقة مفيداً للطالب فقط .



يبين (الشكل 2-2) طريقة القياس بالشريط المعلق، حيث يعلق الشريط مرتفعاً عن الأرض على رأسى قياس ميزان نابض مثبتة التي شاحم أو من خلال أوزان تعلق حول بكره بينما تكون النهاية الأخرى مثبتة، حيث تقرا كلتا نهايتي الشريط مقابل علامة الشريط على رأسى القياس في وقت واحد وينقض الوقت الذي يصل إليه الشد المطلوب بالشريط. وهكذا تتكرر العملية عدة مرات حتى يتم الحصول على عينة كافية من النتائج المعتمدة. ولأجل حذف الأخطاء النظامية تؤخذ درجات الحرارة والشد والفرق بالارتفاع بين رأسى القياس ثم متوسط منسوب الخط فوق مستوي الاسناد المساحي (AOD) لأن تطلب الأمر ذلك، من ثم يتم تحويل كل جزء من الخط إلى الطول الأفقى المقابل له كما هو مبين في الفترات من 1-2-3 إلى 2-3-1-7 التالي ذكرها :

بتغيير طول الشريط تدريجيا خلال فترة من الاستعمال لأسباب متعددة ، ويمكن إيجاد مقدار هذا التغيير بواسطة تعبير الشريط في مختبر الفيزياء الجريمانى الوطنى NPL لمعدن الانقار او في قسم التجارة والصناعة الجريمانى (DTI) لمعدن الحديد او من خلال مقارنته بشريط قياس مرجعى محفوظ خصيصا لهذا الغرض ، وعندنا يعرف الشريط بأنه بطول 30.003 م بدرجة حرارة (20°C) وكتلة لإجهاد (شد) 10 كغم او بطول 30 م تماما بدرجة حرارة غير درجة الحرارة المعيارية.

لاحظ جيدا : يجب ان يعطى الشد المقروض على الشريط بوحدة النيوتن N وهى وحدة القوة فى نظام (SI) المترى. مع ذلك فموازين الذابض المستخدمة فى الحقل هى مقسمة بالكيلوغرامات وهذه هى وحدة الكتلة التى اتت منها التسمية "كتلة الاجهاد STRAINING MASS".

مثال 1-2 : فقيست مسافة طولها 220.450 م بشريط حديدي ذى الثلاثين متر. فوجد بأن طول الشريط عند التعبير كان 30.003 م . اوجد المسافة الصحيحة المقاسة ، بفرض ان الخطأ هو موزع بشكل منتظم على طول الشريط.

الحل

الخطأ لكل 30 م يساوى 3 ملم
لذن مقدار التصحيح للطول الكلى هو :

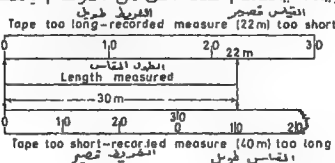
$$= \left(\frac{220.450}{30} \right) \times 3 \text{ mm} = 22 \text{ mm}$$

لذن الطول الصحيح هو : $220.450 + 0.022 = 220.472 \text{ M}$.

ملاحظات للمطالب :

(1) ببين (الشكل 2-3) بأنه إذا كان الشريط اطول من طوله الحقيقى تظهر المسافة المقاسة اقصر من طولها الحقيقى، وعليه يكون التصحيح موجبا، والعكس هو عندما يكون الشريط اقصر من طوله الحقيقى.
(2) تنعكس القاعدة المذكورة فى (1) اعلاه عند تثبيت مسافة معينة بالشريط.

(3) يفضل ان يجرى احتساب (المثال 1-2) على اساس التصحيح (كما مبين) وليس على اساس الطول المصحح الكلى. ففى هذه الطريقة يستخدم عدد اقل من الارقام المعنوية.



شكل 3-2

مثال 2-2 : تم التعبير لغة شريط ذات الثلاثين متر بدرجة حرارة (20°C) ووجد بأن طولها كان 30.003 م فما هي درجة الحرارة التي يكون عندها طول الشريط 30 م تماماً؟ علماً بأن معامل تمدد الحديد يساوي 0.000 011 لكل درجة حرارة مئوية.

الحل

يكون تمدد 30 م لكل درجة مئوية واحدة؛
 $\Delta L = 0.000\ 011 \times 30 = 0.000\ 33\ \text{M.}$

وتتمدد الـ 30 م لـ 9 درجات مئوية؛
 $\Delta L = 0.000\ 33 \times 9 = 0.003\ \text{M.}$

لأن يكون طول الشريط 30 م تماماً عند درجة حرارة
 $20 - 9 = 11^\circ\text{C}$
 وبطريقة أخرى ، باستخدام <المعادلة 2-2> حيث؛

$$\Delta L = (L_2 - L_1)$$

$$L_2 = -\frac{C_t}{KL} + L_1 = -\left(\frac{0.003}{(0.000\ 011 \times 30)}\right) + 20^\circ = 11^\circ\text{C}$$

وعليه

حيث أن (L₂) تساوي درجة الحرارة الفعلية و (L₁) تساوي درجة الحرارة المعيارية، وهذه لأن تصبح درجة الحرارة المعيارية للتصميمات الحرارية المستقبلية.

2-3-1-2 درجة الحرارة

اعتبارياً، تُعبر اشربة الظلم بدرجة حرارة (20°C)؛
 وأي تغير فوق أو تحت هذه الدرجة يؤدي إلى تمدد أو تقلص في الشريط معطياً بذلك أخطاء نظامية،
 وقد اذني استخدام اشربة الانتفاخ إلى صعوبة الحصول على درجة الحرارة الحقيقية للشريط ، حيث أن معدن الانتفاخ هو سبيكة من النيكل والحديد بمعامل تمدد واطين جداً،

لأن معامل تمدد الحديد يساوي (K=11.2 × 10⁻⁶/°C) ومعامل تمدد معدن الانتفاخ هو (K=0.5 × 10⁻⁶/°C).

تصبح درجة الحرارة (C_t) :

$$C_t = K L \Delta t \quad \dots (2-2)$$

حيث أن L هو الطول المقاس بالامتار و (Δt) هي الفرق بين درجة الحرارة المعيارية ودرجة حرارة الموقع بالدرجات المئوية المستفرد. أما الإشارة التصحيح فهي بموجب القاعدة المذكورة في (1) من ملاحظات الطالب أعلاه.

يمكن الحصول على تأثير القطع الناتج عن قياس درجة الحرارة من إجراء التفاضل على <المعادلة 2-2> :

وهكذا إذا كانت (L=30 M.) و (Δt=2°C) و (K=11 × 10⁻⁶/°C)
 فإن : $\Delta C_t = 11 \times 10^{-6} \times 30 \times 2 = 0.000\ 66\ \text{M.}$
 والذي يساوي 1 إلى 45 000 لطول الثلاثين متر.

عموماً ، يستخدم شريط القياس وهو تحت تأثير الشد الميكانيكي وهو في هذه الحالة لا يحتاج إلى تصحيح، ويمكن أن تدعو الحاجة في بعض الحالات التي فرض شد أكبر من الشد الميكانيكي ، فمن قانون هوك ؛
(كمية ثابتة) \times (الاجهاد) = (الجهد)

وهذه الكمية الثابتة هي نفسها للمادة الواحدة وتسمى "معامل المرونة (E) MODULUS OF ELASTICITY".
وحيث أن الاجهاد هو كمية خالية من الوحدات فلن لمعامل المرونة E نفس وحدات الجهد ، أي نيوتن على الملليمتر المربع (N/mm^2) .
∴ $E = (\text{الجهد المباشر}) / (\Delta T / A) = (C_T / L)$
∴ $C_T = L (\Delta T / AE)$... (3-2)

عادة تكون (ΔT) مساوية للجهد الكلي المؤثر على مساحة المقطع، وحيث أن الشريط سيكون معياراً تحت تأثير الشد فلن (ΔT) في هذه الحالة ستكون مساوية لمقدار الجهد "الأكبر" من المعياري ، وهكذا ستكون (ΔT) الفرق بين الشد الحقيقي والشد المعياري، ونفاس هذه القيمة هي الحقل عادة بالكيلوغرامات ويجب أن نحول إلى نيوتونات لكي تنسجم مع بقية الوحدات المستخدمة في المعادلة ، علماً بأن $(1 KGF = 9.80665 N)$ ، E هي معامل المرونة بالنيوتن على الملليمتر المربع (N/MM^2) و A هي مساحة المقطع العرضي للشريط بالملليمترات المربعة (MM^2) و L هو الطول المقاس بالامتار (M) و (C_T) هو مقدار التمدد فهو إذن تصبح لطول الشريط وهو بالامتار (M) أيضاً، وحيث أن الشريط يتمدد تحت تأثير الشد الإضافي فلن التصحيح هو موجب (+).

يمكن أن تنشأ الأخطاء في الشد بسبب (I) خطأ مؤشر الميزان التفاضلي (II) خطأ القراءة (III) التدرج ، حيث تنقسم الموازين عموماً إلى فترات مقدارها 0.2 كغم فقط.

$$\delta C_T = L \delta T / AE \quad \text{من (المعادلة 3-2)؛}$$

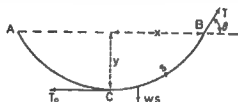
بفرض خطأ شد (δT) مقدارها 0.5 كغم و $(A = 3mm^2)$ ، كما أن $(E = 210 \times 10^3 N/mm^2 = 210 kN/mm^2)$ و $(L = 30 M)$.

$$\therefore \delta C_T = \frac{30 \times 0.5 \times 9.81}{3 \times 210 \times 10^3} = 1 \text{ in } 128000$$

ومن المعادلة المستخرجة يمكن معرفة أن (δC_T) تتناسب طردياً مع (δT) وعكسياً مع A ، وهكذا فلن أية زيادة في خطأ الشد أو أي نقصان في مساحة المقطع العرضي سيؤدي إلى زيادة طردية مباشرة في (δC_T) ، كذلك ، وكما سبشار إليه في الجند التالي ، فلن أخطاء الشد تؤثر على تصحيح طول الشريط.

SAG 4-3-1-2 الهطول

عندما يعلق الشريط بين رأسى القياس A و B بنفس المستوى ، يأخذ الشريط شكل الشريط المعلق في الشكل 4-2. فإذا كانت C نقطة في المنحني ، فهناك ثلاث قوى تؤثر على الطول (CB) وهي الشد T في B و T_0 في C وكتلة قطعة الشريط (CB) حيث أن w هي كتلة الشريط لكل وحدة طول و s هو طول القوس (CB).



شكل 4-2

وهكذا يجب أن تكون (CB) في حالة توازن تحت تأثير هذه القوى الثلاث ، وعليه :

$$T \sin \theta = ws$$

$$T \cos \theta = T_0$$

$$\therefore \tan \theta = \frac{ws}{T_0}$$

فلزيادة صغيرة في طول الشريط :

$$\frac{dx}{ds} = \cos \theta = (1 + \tan^2 \theta)^{-1/2} = \left(1 + \frac{w^2 s^2}{T_0^2}\right)^{-1/2} = \left(1 - \frac{w^2 s^2}{2T_0^2} \dots\right)$$

$$\therefore x = \int \left(1 - \frac{w^2 s^2}{2T_0^2}\right) ds$$

$$= s - \frac{w^2 s^3}{6T_0^2} + K$$

عندما ($x=0$) و ($s=0$) ، إذن ($K=0$) ، وهكذا إذن : $x = s - \frac{w^2 s^3}{6T_0^2}$

تصبح الهطول لكامل الطول $\langle ACB \rangle$ هو C_s ولكن ($s=L/2$) :

$$C_s = 2(s - x) = 2\left(\frac{w^2 s^3}{6T_0^2}\right)$$

$$\therefore C_s = \frac{w^2 L^3}{24T_0^2} = \frac{w^2 L^3}{24T^2} \text{ for small values of } \theta \quad \dots (4-2)$$

$$T \cos \theta \approx T \approx T_0$$

أي أن :

حيث أن :

w يساوي كتلة الشريط لكل وحدة طول (KG/M)

T يساوي كتلة الاجهاد (KG)

L يساوي الطول المسجل (M)

C يساوي التصحيح (M)

لاحظ جيدا : في <المعادلة 4-2> يجب ملاحظة جعل T و w بوحدة متوافقة، وهكذا يمكن ان تبقي T بالكيلوغرامات.

ولما كان $(w = W/L)$ ، حيث ان W هي الكتلة الكلية للشريط ، فبالتعويض في <المعادلة 4-2> ينتج:

$$C_s = \frac{W^2 L}{24 T^2} \quad \dots <5-2>$$

فمع ان هذه المعادلة هي صحيحة ، لكن تصحيح الهطول يتناسب تناسباً طردياً مع مكعب طول الشريط .

تطبق <المعادلتان 4-2 و 5-2> على الاشرطة التي تم تعبئها على سطح مستوي فقط ، وهما سالتان دائماً. أما منذ تعبئ الشريط بوضعه المعلق ، اي عندما يسجل المسافة الافقية بوضعه المعلق ، عند ذلك ، لا داعي لاجراء تصحيح شرط ان يكون الشد المقروء ، واليكن T_A ، مساوياً للشد المعياري T_S . أما إذا كان T_A قد تجاوز T_S عند ذلك يكون من الضروري لاجراء تصحيح هطول للشريط عن الزيادة في الشد $(T_A - T_S)$ ، وعليه :

$$C_s = \frac{w^2 L^3}{24} \left(\frac{1}{T_A^2} - \frac{1}{T_S^2} \right) \quad \dots <6-2>$$

في هذه الحالة سيكون التصحيح موجبا تبعاً للقاعدة الأساسية ، كذلك يمكن ايجاد مقدار الهطول وكما يلي :

$$\frac{dy}{ds} = \sin \theta \approx \tan \theta = \frac{ws}{T_0} \quad (\text{عندما تكون } \theta \text{ صغيرة})$$

$$\therefore y = \int \frac{ws}{T_0} ds = \frac{ws^2}{2T_0}$$

عندما يكون للهطول اكبر قيمة (في وسط الشريط) فلن:

$$s = \frac{L}{2} \quad , \quad y = \frac{wL^2}{8T} \quad \dots <7-2>$$

وهكذا فلن <المعادلة 7-2> تسمح بايجاد قيمة w من القياس الحقلّي للهطول ، اي :

$$w = \frac{8Ty}{L^2}$$

والتي بالتعويض في <المعادلة 4-2> تعطي:

$$C_s = -\frac{8y^2}{3L} \quad \dots <8-2>$$

إن <المعادلة 8-2> تعطي تصحيح الهطول من قياس الهطول w ، وهي لا تعتمد على قيمة w و T . ويمكن الحصول على شأثير الخطأ الناتج عن الشد من لاجراء التفاضل على <المعادلة 4-2> وكما يلي :

$$\delta C_s = -\left(\frac{2L^2 w^2}{24 T^3} \right) \delta T$$

وبغرض $(\delta T = 0.5 \text{ KGF})$ و $(w = 0.03 \text{ KGF/M})$ و $(L = 30 \text{ M})$:

$$\delta C_s = -\left(\frac{2 \times 30^2 \times 0.03^2 \times 0.5}{24 \times 10^3} \right) = 1 \text{ in } 30000$$

...تركب هذا الخطأ مع خطأ الشد (صفحة 87)، كما يجب ان
تؤخذ بنظر الاعتبار الأخطاء في إيجاد وزن الشريط
ومساحة مقطعه العرضي.

2-1-3-5 الميل SLOPE

إذا كان الفرق بالارتفاع بين رأسى القياس h
والمسافة المائلة L والمسافة الأفقية D ، فمن نظرية
فيثاغورس :
... (A9-2)

$$D = (L^2 - h^2)^{1/2}$$

قبل شيوع استعمال حاسبات الجيب كان الأسلوب التالي هو
المتبع عموماً وذلك بسبب العناء في إيجاد الجذور
التربعية :
... (A9-2)

$$D = (L^2 - h^2)^{1/2} = L \left(1 - \frac{h^2}{L^2} \right)^{1/2} = L \left(1 - \frac{h^2}{2L^2} - \frac{h^4}{8L^4} \right)$$

لأن تصحيح الميل (C_h) يكون :
... (B9-2)

$$C_h = D - L = - \left(\frac{h^2}{2L} + \frac{h^4}{8L^3} \right)$$

وقد هجر استخدام نظرية فيثاغورس (المعادلة A9-2) بسبب
الخطأ الصغير الذي قد ينشأ عن استخدام حدين فقط من
معكوكه المعادلة أعلاه على الخطوط الطويلة المقاسة
بالأجهزة الإلكترونية ومفناً طيسية (EDM).

ولأجل البحث في الأخطاء الناجمة عن قياس h :
(الخطأ يتناسب طردياً مع h)

$$\delta C_h = \frac{h \delta h}{L}$$

فلذا كانت ($L = 30M$) و ($h = 0.500M$) و ($\delta h = 0.002M$) فإن :

$$\delta C_h = \frac{0.500 \times 0.002}{30} = 1 \text{ in } 900\,000$$

2-1-3-6 الارتفاع ALTITUDE

إذا كان المقلوب ربط المسوحات بالشبكة الوطنية (NG)
NATIONAL GRID يجب تحويل المسافات إلى مسافات بمستوى
الأسناد العام لتلك المنظومة وهي متوسط مستوى سطح
البحر (MSL)، أو يمكن، في حالة كون طبينة المشروع
الهندسي محلية، تحويل المسافات إلى مسافات بمستوى
متوسط منسوب المنطقة، والفايدة من ذلك هي ان المسافات
التي تثبت على الأرض تكون مساوية للمسافات المحتسبة
من الأعداديات عند متوسط مستوى الأسناد، من دون خطأ
يذكر.

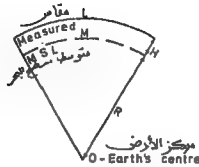
خذ (الشكل 2-5) الذي قيس فيه المسافة L في مستوى
واقع على ارتفاع مقداره H فوق متوسط مستوى سطح البحر
فمن تشابه المثلثات :

$$M = \frac{R}{R+H} \times L$$

لأن يكون التصحيح C_H :

$$C_H = L - M = L - \frac{RL}{R+H}$$

$$= L \left(1 - \frac{R}{R+H} \right) = \frac{LH}{R+H}$$



شكل 5-2

حيث ان H صغيرة جدا بحيث انها تهمل مقارنة مع R في المقام ، وهكذا ؛

$$C_H = \frac{LH}{R}$$

... (10-2)

التصحيح هو سالب (-VE) للأعمال السطحية، ولكنه قد يكون موجبا للاتفاق او لاعمال المناجم تحت متوسط مستوي سطح البحر، وبلجراء التقاطع على (المعادلة 10-2) يتضح بان الخطأ في C_H يتناسب طرديا مع الخطأ في H.

2-3-1-7 معامل المقياس (SF) SCALE FACTOR

إن هذا التصحيح هو مطلوب فقط عندما يرتبط المسح بالمشبك الوطني ، عندها يجب تمويبيل كافة المسافات المقاسة على الأرض إلى مسافات بمستوي متوسط سطح البحر ومن ثم تضرب بمعامل المقياس (SF) لتلك المنطقة لأجل تمويبيلها إلى مسافات تشبيكية GRID DISTANCES على الاسقاط المبركاتوري العرضي TRANSVERSE MERACTOR PROJECTION (انظر الفقرة 2-12)، وتقسم المسافات التشبيكية على معامل المقياس (SF) لتعطي المسافات بمستوي متوسط سطح البحر. اما المعادلة التقريبية لمعامل المقياس فهي معطاة في (الفقرة 2-14).

2-2 قياس المسافة الكرومغناطيسيا

لقد حلت في الواقع قياسات المسافة بالمعدات الالكترومغناطيسية محل طريقة قياس خطوط القاعداة باستخدام اشربة القياس المبدئية او التي من معدن الانقار. فقد ادى ظهور اجهزة قياس المسافة الالكترونية التي حدوث ثورة في كافة طرق اعمال المساحة والذي نتج عنه تغييرا في التأكيد وفي التقنية، بحقيقة إمكانية قياس المسافة الآن بسرعة وبدرجة عالية من الضغط بغض النظر عن ظروف الموقع، وكأمثلة على الاعمال التي يمكن ان تنجز بهذه التقنية:

(A) الادخال السهل لعدد اكبر من خطوط القاعداة في اعمال التظليل بقياس الزوايا لأجل السيملاة الاكبر على خطا المقياس (SF).

(B) استخدام أعمال التثليث بقياس الاضلاع TRILATERATION والتي فيها تقاس كافة اضلاع الشبكة.
 (C) تركيب اعمال التثليث بقياس الزوايا مع التثليث بقياس الاضلاع مما ينتج ما يسمى التثليث بقياس الزوايا والاضلاع TRIANGULATION التي تعطي شبكات قوية جدا.
 (D) التثليث على نطاق مساحات اكبر وبسيطرة اكبر على تشغيل الاخطاء ERRORS SWING.
 (E) اعمال تسقيط المنشآت والسيطرة على اعمال المسح التصويري من خلال الاحداثيات القطبية من موقع واحد.
 (F) تثبيت المواقع المائكية بتقنيات خاصة كمنظومة التلروميتر المائكية TELLUROMETER HYDRODIST SYSTEM.
 (G) التثليث بقياس الاضلاع ثلاثي الابعاد THREEDIMENTIONAL من الارض الى الجو بمعدات خاصة مثل منظومة التلروميتر الهوائية TELLUROMETER AERODIST SYSTEM.

لم تعد تقنية قياس المسافة الالكترومغناطيسية (EDM) تقنيات عمل جديدة. فحسب، لكنها رفعت ايضا من درجة ضبط القياس الطولي LINEAR MEASUREMENT والذي يعادل الان اذق اشكال القياسات الزاوية. فمثلا، يعطي جهاز كيرن ميكومتر درجة ضبط مقدارها $(\pm(0.2\text{MM} + 3 \cdot 10^{-6} D))$ لمسافة D تصل الى حد 2.5 كم.

وقد اذت التطويرات الاخيرة في الاجهزة الدقيقة الى دمج الزوايا ذات الارقام الالكترونية بمعدات قياس المسافة الالكترومغناطيسية وبذلك تقديم جهاز واحد يدمج "المحطة الكلية TOTAL STATON" وهذا الجهاز قادر على لإنجاز معظم مهام اعمال المساحة والتسقيط باقتصاد في العمالة وفي الوقت وبسرعة ودرجة ضبط معتمدة ، إضافة الى توفير خزين من المعلومات DATA BANK، قبل مكان وحدات التسجيل التفكائية لهذه الاجهزة. تمهيد كافة المعلومات - بعضها تشقيم النقطه POINT IDENTIFICATION - على شريط مغنط او مغناطيسي او على حافظه معلومات الكترونية قابلة للاذغال في المايكروكومبيوترات او الكومبيوترات الكبيرة MIAN FRAME ، والكومبيوترات بدورها. يمكن ان ترتبط بالجهاز رسم للانتاج التخطيطي للخرائط .

2-2-1 تصنيف معدات اجهزة قياس المسافة الالكترومغناطيسية

تتبع المعدات المستخدمة في الوقت الحاضر ضمن ثلاثة اصناف عربية للمعدات التشغيلية :
 (A) ذات المدن القصير: وهي اجهزة الكترومصرية-ELECTRO OPTICAL تستخدم لإضاءة متغيرة السعة ، إما بيضاء او تحت الحمراء ، لقياس المسافات التي تصل الى حد 5 كم.

(B) ذات المدن المتوسط: بموجة مايكروية MICROWAVE او الكترومصرية وبمديات تصل الى 25 كم.

(C) اجهزة جموجة مذياع RADIO WAVE؛ طويلة المدى قادرة على قياس مسافات تصل الى 100 كم وتزيد.

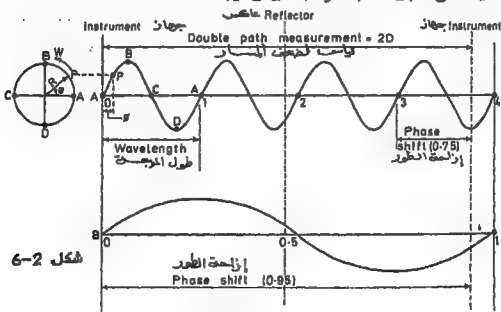
يهتم المهندس عموما بالاجهزة ذات المديات القصيرة فقط والتي تكون سهلة الاستخدام وتعطي المسافات المماثلة المقاسة بشكل رقمي ، وهذا هو اهم ناتج اساسي تعطيه هذه الاجهزة وهو عام بالنسبة لكافة الاجهزة المتوفرة واسعة التنوع. وهنالك تحسينات إضافية في بعض الاجهزة كإعطاء المسافات الأفقية والشاقولية من خلال تحسها لزاوية الميل وتطبيق تصحيحات خاصة على المسافات المماثلة.

2-2-2 قاعدة القياس

ولو ان هنالك تنوع واسع في الاجهزة المتوفرة، لكن مبدأ التشغيل الاساس هو واحد، حيث تنتقل الموجات الكهرومغناطيسية من الجهاز الى العاكس RETRO REFLECTOR الذي يعيدها قورا الى الجهاز المرسل. فالجهاز يقيس الوقت الذي تستغرقه هذه الموجات في قطع هذا الطريق ذهابا وايابا، ومن ثم يتم استقراخ المسافة "المماثلة" بين الجهاز والعاكس من المعادلة :

$$D(\text{المسافة}) = V(\text{السرعة}) \times \frac{t}{2}(\text{الزمن})$$

مع ذلك ، ولما كانت سرعة الضوء C (في الفضاء) تساوي $299.792.5 + 0.4 \text{ KM/S}$ و t هي صغيرة جدا، فبدلي عندما $D=1 \text{ KM}$ تكون t مساوية 6×10^{-6} ثانية ، ولتجزئة D الى مسافات طول الواحدة منها ملليمتر واحد، يتطلب الامر القياس بفترة من الزمن مقدارها 6×10^{13} ثانية ، ولجعل ذلك ممكنا يتم لرتباع تقنيية تسمى "قياس الطور" PHASE-MEASUREMENT التي يتم فيها قياس مقدار اختلاف طور الموجة المنعكسة عن الموجة المرسلية عندما تستلم ثانية من قبل الجهاز <شكل 2-6>.



يمكن ترجمة ابنة ظاهرة دورية منتظمة الشدذب بين قيم كبيرى وصغرى الى الحركة التوافقية البسيطة SIMPLE HARMONIC MOTION . فالرجوع الى (الشكل 2-6) ؛ إذا تحركت P فى دائرة بسرعة زاوية منتظمة مقدارها ω ، فمتجه نصف القطر R يصنع زاوية طور PHASE ANGLE مع المحور السينى X-AXIS مقدارها ϕ . وترسم قيم لا حيث $(y = R \sin \phi)$ مقابل ϕ فى مخطط بياني معطية موجة الجيب SINE WAVE المبينة فى الشكل، فعندما $(\phi = \pi/2)$ تكون النقطة المرسومة فى B وعندما $(\phi = \pi)$ تكون النقطة المرسومة فى C وعندما $(\phi = 1.5\pi)$ تكون النقطة المرسومة فى D وعندما $(\phi = 2\pi)$ تعود النقطة المرسومة الى موقعها فىمكة بذلك طول موجة واحدة (λ) ، والوقت اللازم الذى تستغرقه الموجة لكى تكمل دورة كاملة يسمى بـ "فترة PERIOD" الذبذبة وتمثل بـ T من الشوان، وهكذا لما كانت R تتحرك بسرعة زاوية منتظمة يمكن استحداث زاوية الطور لقياس الزمن او اى جزء من الزمن، ويسمى عدد الدورات بالشانية التى بدورها نصف القطر بالتردد FREQUENCY (f) وهذا التردد يرتبط بطول الموجة من خلال المعادلة :

$$v = f\lambda \quad \dots (11-2)$$

حيث ان λ هى طول الموجة بالمتر و f هو تردد الطاقة بالهيرتز و V هى سرعة الطاقة الكهرومغناطيسية بالمتر على الثانية (M/S) ،

يرمز لسرعة الطاقة الكهرومغناطيسية "فى الفراغ" بـ C كما وان $(V=C/n)$ حيث ان n هى معامل الانكسار الجوى.

بالرجوع الى (الشكل 2-6) يمكن رؤية أن المسافة المناسبة من الجدار الى العاكس ثم رجوعا الى الجدار هى (2D) حيث :

$$2D = N\lambda + \delta\lambda \quad \dots (12-2)$$

حيث ان N هو عدد صحيح من اطوال الموجة λ و $(\delta\lambda)$ هو جزء من طول الموجة مقدار $(\lambda/2\pi)$.

تقوم اجهزة قياس المسافة الالكترومغناطيسية (EDM) بقياس جزء من طول الموجة فقط وهى لا تقيس عدد اطوال الموجات، وهذا يتم الحصول عليه بحت طاقية ذات تردد اوطا وطول موجة اكبر، فمثلا فى (الشكل 2-6) ؛ باستخدام λ_A فى طول المسار المضاعف هو 3.75 جفذر طول الموجة، ولكن سيسجل الجهاز - ببساطة - قياس زاوية الطور او لزاحة الطور البالغة 0.75 اى سيسجل الفرق بالطور بين الموجات المرسلية والمعكوسة المأجدة.

فلذا قياس المسافة الان باستخدام λ والتى هى اربعة اضعاف λ_A قلن الطور يساوى 0.95، وحيث ان العلاقة بين A و B هى معروفة قلن $(0.95 \times 4 = 3.8)$ وهذا يعطى العدد الكامل من اطوال الموجة ويساوى 3. لن طول الموجة الاصفر يعطى دقة قياس اكبر للجزء المتبقى من المسافة،

وهكذا فالمسافة الكلية تساوي: $3 + 0.75 = 3.75 \lambda$ ، فبمعرفة قيمة λ بوحدة الطول يتم معرفة المسافة. هذا إذن هو المبدأ الأساسي في القياس بالأجهزة الإلكترونية ومفناطيسية ويسمى "مقارنة الطور" PHASE COMPARISON ويمكن التعبير عنه من <المعادلة 2-12> كما يلي:

$$D = N(\lambda/2) + \frac{\phi}{2\pi}(\lambda/2) \quad \dots <13-2>$$

من هذا يتضح بأنه يمكن اعتبار $(\lambda/2)$ بأنه وحدة القياس الأساسية.

يفترض الشرح أعلاه بأن λ هي ثابتة ومعروفة ، ولكن الأمر في معظم الأجهزة الإلكترونية ومفناطيسية (باستثناء كبير ميكرومتر 3000) هو ليس كذلك ، والمعروف هو التردد f فقط، مع ذلك فإنه يرتبط بـ λ كما يلي :

يعرف معامل انكسار المجموعة $GROUP\ REFRACTIVE\ INDEX$ الذي يمر من خلاله حزمة القياس بأنه النسبة بين سرعة الطاقة الإلكترونية ومفناطيسية في الفراغ (C) إلى سرعتها في المحيط V ، أي : $n_g = C/V$ ولما كانت $(V = f\lambda)$ ، إذن $(\lambda = C/n_g)$ ، وعليه : $\lambda/2 = C/2n_g$... <14-2>

والتعويض في <المعادلة 2-13> يعطي معادلة قياس المسافة : ... <15-2>

$$D = N \frac{C}{2n_g} + \frac{\phi}{2\pi} \frac{C}{2n_g} + k$$

حيث أن k تساوي ثابتي الجهاز والموشور.

فثابت الجهاز هو الفرق بين مركز الجهاز كما هو مرتكز شاقوليا فوق محطة المسح ومركز قياسه الذي يقع في موقع آخر من الجهاز. أما ثابت الموشور فهي المسافة الإضافية التي تقطعها الحزمة داخل الموشور بطريق رجوعها إلى المرسل. وكلا هذين الثابتين يصححان تلافكبا في عملية القياس. مع ذلك، ففي الأعمال الدقيقة أو عند استخدام موشور لا معياري. NON-STANDARD يتوجب إيجاد قيمة هذين الثابتين مفتربيا.

<المعادلة 2-15> توضح أهمية معامل انكسار المجموعة في عملية القياس وهكذا تدعو الحاجة إلى أخذ قراءات دقيقة لدرجة الحرارة وللضغط الجوي لأجل تحقيق قياسات مضبوطة للمسافات.

2-2-3 استخراج الأطوال بالأجهزة الإلكترونية ومفناطيسية

بإمكان أجهزة الـ (EDM) قياس المسافات المباشرة، أي من الجهاز إلى الموشور ، والتي يجب أن تكون المسافة الأفقية المتجاورة لها أو ربما إلى مشبكها المساوي لها عند مستوي سطح البحر. أما التصحيحات فهي :

(1) التأثيرات الجوية

تتأثر سرعة الموجات الالكترومغناطيسية بالظروف الجوية التي تمر من خلالها في عملية القياس . وهكذا من (المعادلة 2-11)؛ عند ثبات التردد f فإن طول الموجة λ سيتغير طرديا مع V ، وعليه فإن المسافة المسجلة بالجهاز ستتطلب تصحيحا . أي أن :

$$V = c / n_g$$

عمليا ، يستحيل الحصول على معامل الانكسار لمجموعة n_g لمحيط (أي جو) مسار حزمة القياس . وعليه يجري تقدير له مبنى على قياسات درجة الحرارة والضغط عند كل من الجهاز والموشور (أي الرطوبة فهي ليست معنوية في حالة أجهزة الموجات الضوئية) . بعد ذلك ، يؤخذ التصحيح باجزاء من المليون (PPM) PARTS PER MILLION من المسافة المقاسة من مخطط جبايني يكون مرفق بالجهاز ، ويمكن ان يتم التصحيح الجوي في بعض الحالات داخل الجهاز فتتصحح الأطوال المقاسة من قبل الجهاز تلقائيا ،

(2) تصحيح الميل

بالنسبة للأطوال المتضمنة في الأعمال الهندسية عموما ، يجري تحويل الطول المائل المصحح عن التأثيرات الجوية إلى الطول الأفقي بطريقة فيثاغورس أو بواسطة جيب تمام الزاوية الشاقولية ، ولأجل الحصول على درجة ضبط عالية يجب تصحيح زاوية الارتفاع عن تأثيرات تعدب الأرض والانكسار - راجع (الفقرة 2-8) ،

في بعض الحالات تقوم الأجهزة بتصحيح زاوية الارتفاع وتغطي المسافات البعيدة والشاقولية تلقائيا ، ولو ان الزاوية الشاقولية لا تصحح دائما عن تعدب الأرض ومن الانكسار ، ولكن عندما يتطلب الأمر اتخاذ أعلى درجات الضبط فيجب أخذ هذه الحقائق بنظر الاعتبار ،

(3) تصحيح الارتفاع

عندما يعمل مستوي إرسناد واحد لأعمال المسح كمتوسط مستوي سطح البحر أو متوسط مستوي سطح الموقع فيطبق تصحيح الارتفاع (معادلة 2-10) كما في (الفقرة 2-3) ،

(4) معامل المقياس المحلي (LSF) LOCAL SCALE FACTOR

في حالة ربط المسوحات بالمشبك الوطني ، يجب ضرب الأطوال الأفقية عند متوسط مستوي سطح البحر بمعامل المقياس المحلي - راجع (الفقرة 2-14) ،

إن التصحيحات المذكورة أعلاه عموما هي كل ما تتطلبه أغلبية الأطوال الداخلية في أعمال المسوحات الهندسية ، أما بالنسبة للأطوال التي تزيد على 10 كم فيمكن أن يستدعى الأمر إتباع الطريقة التالية ؛

(5) تصحيح الوتر/القوس

لما كانت المسافة تقاس (شكل 2-7) بخط طويل واحد D ، فالتحويل إلى متوسط مستوي سطح البحر يعطي المسافة

الوترية K والتي من ثم يجب ان تحول الى ما يعادلها
من المسافة الكروية S. فباستخدام قانون جيب التمام
للمثلث (ABE) :

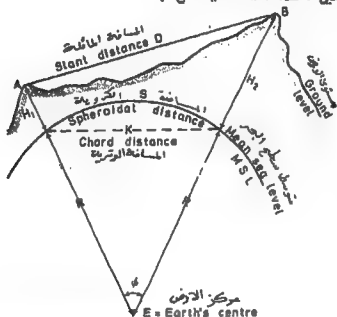
$$\cos \phi = \frac{(R + H_1)^2 + (R + H_2)^2 - D^2}{2(R + H_1)(R + H_2)}$$

$$\cos \phi = 1 - 2 \sin^2(\phi/2), \quad \sin(\phi/2) = K/2R \quad \text{ولكن :}$$

$$\therefore 1 - \left(\frac{K^2}{2R^2}\right) = \frac{(R + H_1)^2 + (R + H_2)^2 - D^2}{2(R + H_1)(R + H_2)}$$

$$K = R \left[\frac{\{D - (H_2 - H_1)\} \{D + (H_2 - H_1)\}}{(R + H_1)(R + H_2)} \right]^{1/2} \quad \text{والتي منها :}$$

فلذا تم تبويب h- والتي تمثل الفرق بالمنسوب $(H_2 - H_1)$
بين A و B في المعادلة ينتج :



شكل 7-2

$$K = \left[\frac{(D - h)(D + h)}{\left(1 + \left[\frac{H_1}{R}\right]\right)\left(1 + \left[\frac{H_2}{R}\right]\right)} \right]^{1/2}$$

... <16-2>

$$\sin^{-1} \theta = \theta + \frac{\theta^3}{3!} + \frac{9\theta^5}{5!}$$

والان :

$$\frac{\phi}{2} = \frac{S}{2R} = \sin^{-1} \frac{K}{2R}$$

ثم :

$$\sin^{-1} \left(\frac{K}{2R} \right) = \frac{K}{2R} + \frac{K^3}{8R^3 \times 3!} + \frac{9K^5}{32R^5 \times 5!} \quad (\text{لزاوية صغيرة من } \theta)$$

$$\therefore \frac{S}{2R} = \frac{K}{2R} + \frac{K^3}{48R^3} + \frac{K^5}{3840R^5}$$

$$\therefore S = K + \left(\frac{K^3}{24R^2} \right)$$

<17-2> .. (حيث ان باقي الحدود قد أهملت)

ويمكن جعل <المعادلة 2-17> أكثر تطوراً ، بأخذ بنظر الاعتبار حقيقة أن الموجات الالكترومغناطيسية تنتقل بمسار منحنى بنصف قطر أكبر من نصف قطر الكرة الأرضية، فقد ارتوى بأن يكون نصف قطر مسار موجات المذيع الذي يجب أن يستخدم في المعادلة (4R/3) معطياً :

$$S = K + \left(\frac{K^3}{43R^2} \right) \quad \dots \langle 18-2 \rangle$$

$$S = K + \left(\frac{K^3}{38R^2} \right) \quad \dots \langle 19-2 \rangle$$

وللموجات الضوئية :

يعتمد الرقم 38 للموجات الضوئية على معامل الانكسار في وقت القياس - انظر <الفقرة 2-8-3>، وتكون تمحيبات الوتر/الفوس للخطوط التي يقل طولها عن عشر كيلومترات أقل من ميللمتر واحد، ويمكن أن يتم التحويل أعلاه أيضاً ، كما يلي :

(A) حوّل D إلى المسافة الأفقية D₁ باستخدام نظرية فيثاغورس،
(B) حوّل D₁ إلى K عند متوسط مستوي سطح البحر باستخدام <المعادلة 2-10> حيث :

$$H = \frac{H_1 + H_2}{2}$$

وهذا هو الان طول الوتر K،
(C) اضع تصحيح الوتر/الفوس إلى K ، أي (K³/24R²) ، والذي يتم تطويره عن الانحناء حسبما هو ضروري معطياً S.

2-2-4 مصادر الخطأ

يمكن تقسيم مصادر الخطأ في قياس المسافة الالكترومغناطيسية إلى ثلاثة أصناف رئيسية، وهي :

- (1) الأخطاء الصفر ZERO ERRORS : أو الأخطاء التي لا تعتمد على المسافة المقاسة،
- (2) الأخطاء الدورية CYCLIC ERRORS : أو الأخطاء التي تتغير بشكل دوري مع المسافة المقاسة،
- (3) الأخطاء المقياس SCALE ERRORS : أو الأخطاء التي تتناسب مع المسافة المقاسة.

وهذه بدورها يمكن تقسيمها إلى أخطاء ذات علاقة بالجهاز وأخرى ليست ذات علاقة بالجهاز.

يشير تمحيص معادلة القياس الأساسية 2-15 إلى أن مصادر الخطأ الأساسية هي :

- (A) تردد الموجة MODULATION FREQUENCY (f)
- (B) معامل انكسار المجموعة GROUP REFRACTIVE INDEX (n_g)
- (C) قياس زاوية الطور MEASUREMENT OF PHASE ANGLE (θ)
- (D) ثابت الجمع ADDITIVE CONSTANT (k)

حيث ان (A) و (B) تولفان المصدرين الرئيسيين لاختلاف المقاييس التي لها علاقة بالجهاز والتي ليست لها علاقة بالجهاز على التوالي ، أما (C) فهي المصدر الرئيس للخطأ الدوري الذي له علاقة بالجهاز و (D) هي السبب الرئيس للخطأ المفر.

هنالك مصادر أخرى للخطأ والتي تؤثر على درجة ضبط القياس النهائية ، وهذه تشمل أخطاء تمرکز الجهاز وأخطاء التسديد وأخطاء في المعلومات الحثلية الإضافية اللازمة لتحويل الطول المائل المقاس إلى طوله الأفقي النهائي على الخارطة .
وغالبا ما يكتب الخطأ المعياري (σ_m) للمسافة المقاسة D بجهاز الكرومغناطيسي كالتالي:

$$\pm \sigma_m = \pm [A^2 + B^2]^{\frac{1}{2}}$$

حيث ان A يساوي خطأ الممر للجهاز
و B يساوي الخطأ المتناسب للجهاز باجزاء من المليون من المسافة المقاسة.

ومعدل القيمة لمعظم أجهزة الـ (EDM) ذات المدييات القصيرة هو ($\pm (5 \text{ MM} + 5 \text{ PPM})$) ، مع ذلك ، إذا أراد تحويل المسافة المائلة إلى أفقية على المشبك الوطني مثلا ، فقيمة الخطأ المعياري الأصح ستكون:

$$\pm \sigma_m = \pm [A^2 + B^2 + E^2 + F^2 + G^2]^{\frac{1}{2}}$$

حيث ان E هي الأخطاء بسبب التحويل من الوضع المائل
F هو الخطأ بسبب التحويل إلى متوسط مستوي سطح البحر
G هو الخطأ بسبب التحويل إلى المشبك الوطني بتطبيق معامل المقياس المحلي (LSF).

وهكذا فمن الضروري اختبار كافة مصادر الخطأ ، ليس فقط للاستخدام الأمثل للجهاز فحسب ، وإنما للوزن الصحيح لعملية تعديل الشبكات.

2-2-4-1 التردد الموجي (f) MODULATION FREQUENC

كما أشير إليه سابقا ، بأن التردد f يتناسب طرديا مع طول الموجة λ ، وهكذا فالخطأ في التردد الموجي يؤدي إلى خطأ يتناسب معه بالمسافة المقاسة . ويتم تعيين التردد الموجي بواسطة متذبذب من بلورات الكوارتز الذي يضمن بقاء التردد مستقرا ضمن حدود المقدار ($\pm 5 \text{ PPM}$) على مدى درجة حرارة تشغيلية من (-20°C) إلى ($+50^\circ \text{C}$) . ولو ، يمكن أن يتغير التردد الموجي عن متوسط قيمته بسبب التضييق العملي غير الصحيح وبسبب قدم البلورات وعدم استقرار درجة الحرارة ، فالضبط العملي للتردد يجب أن يكون ضمن المدى ($\pm 1 \times 10^{-6}$) من متوسط قيمته . كما

وإن قدم البلورات بسبب الخطأ بالتردد بحدود (1×10^{-6}) لكل سنة تتناقص تدريجياً. وبمرور الزمن (هودج 1975)، ولما كان لمعظم الأجهزة بلوزات تعمل بدرجة حرارة الجو فإن هذه الأجهزة تدعى عدم وجود تأخير بسبب ارتفاع درجة الحرارة، مع ذلك، فقد بينت القحوصات (هودج 1975) بأنه يجب أن يسمح بفترة للتسخين إذا أريد عدم حدوث أخطاء في الأعمال الدقيقة.

الطريقة المقترحة لإيجاد معامل المقياس (SF) لجهاز ما هي بقياس التردد الموجي مباشرة باستخدام عداد الكتروني للتردد يستقبل إحدى الترددات المعيارية مثل درواتويج DROITWICH (إشارة الاستدعاء (MSF)) بتردد 200 كيلوهرتز والتي تثبت بشكل مستمر.

الحالة البديلة هي مقارنة الجهاز بأخر ذي تردد موجي يعرف بأنه مضبوط، والطريقة هي بقياس خطي قاعدة أحدهما طويل والأخر قصير (كـ 1.5 كم و 100 م) بكلا الجهازين وبنفس الوقت، فالفرق بالطول المقياس الخط القصير يعين الفرق في ثابت الصفر لكلا الجهازين، ويتم تصحيح الخلوط الطويلة بموجب ذلك، فأي فرق متبقي يسبب إلى التردد الموجي، ويجب اتخاذ الحيلة لجعل ارتفاعات الأجهزة متساوية، وهكذا يتم تكرار العملية عدداً من المرات لضمان الحصول على قيمة وسطيّة دقيقة. ولما كانت التأثيرات على القياسات مشتركة لكلا الجهازين فإنه من غير الضروري أخذها بنظر الاعتبار، أما تصحيح خطأ التردد فهو:

$$(\text{التردد الفعلي}) - (\text{التردد الاسمي}) = \frac{\text{التردد الاسمي}}{10 \text{ PPM}} \times 10^{-9} \quad (2-4-2)$$

فلذا حدث شك بأن هنالك أخطاء تردد في الجهاز، يجب إعادته إلى المصنع للتعديل.

2-4-2-2 معامل الانكسار (n) REFRACTIVE INDEX

يعبر عن النسبة بين سرعة الضوء "في الفراغ" وسرعته في الجو بمعامل الانكسار الجوي n، وهذه القيمة هي ثابتة تعتمد أساساً على درجة الحرارة في الجو وعلى الضغط الجوي، وغالباً ما يعبر عنها بالمقدار $(1 + 10^{-6}N)$.

إنه لمن سوء الحظ أن تعتمد الأجهزة المختلفة فيما مختلفة لـ N، فمثلاً، يؤدي التردد الموجي المختار لجهاز التروميتر (CD6) إلى قياس مباشر صحيح للمسافة عندما N تساوي 274 أي $(N = 1.000274)$ وهذه القيمة هي للظروف الطبيعية عند متوسط مستوى سطح البحر في بلدان المنطقة المعتدلة لضغط جوي مقداره 1013 مليبار (mb) ودرجة حرارة جو مقداره (20°C) . مع ذلك ففي جهاز ويلد (DI10) تستخدم القيمة 282 لـ N، وتكون كذا اعتبارات مهمة عند كتابة برنامج كومبيوتر لاستخراج المسافة الكرومغناطيسية، وأيضاً عند استخدام المخططات

البيانية المرفقة مع الأجهزة، فمثلا يكون تصحيح المخطط البياني لجهاز الـ (DI10) تحت ضغط جوي مقدار 760 ملم زئبق ودرجة حرارة (20°C) مقدار 8mm (+) بينما يكون تصحيح جهاز الـ (CD6) صفرا. وهكذا ، لا يمكن تعميم استخدام المخططات البيانية المرفقة مع الأجهزة.

يعطى معامل الانكسار في الجو الخالي من الرطوبة عند درجة حرارة وضغط معياريين، أي (0°C) و (760 Hg) من معادلة العالمين باريل وسبرز (1939) والتي استخدمت من قبل جمعية الجيودوسي العالمية (IAG) سنة 1963، وبخلاصة القول هو أن المعادلة تستخدم للمدبات المرئية فقط ، وهي لا تصحح عن تأثيرات الانتشار DISPERSION.

فعندما ($\lambda = 0.90 \mu\text{m}$) تكون ($n_g = 1.0002937$) بينما
عندما ($\lambda = 0.93 \mu\text{m}$) تكون ($n_g = 1.0002933$)

بتناسب معامل الانكسار في الجو الجاف طرديا مع الضغط البارومتري وعكسيا مع درجة الحرارة المطلقة. أما تأثير بخار الماء على أجهزة الموجات فوقية فيعمل عموما ، ومن المصادر الثلاثة المحتملة للخطأ فإن لدرجة الحرارة التأثير الأكبر، فزيادة في (n_g) مقدارها جزء واحد من المليون مثلا وبالتالي تغيير في المسافة المقاسة مقدارها جزء واحد من المليون ينتج عن تغيير مقدار (1°C-) في درجة الحرارة و (3.4mb+) بالضغط الجوي و (26mb-) بضغط بخار الماء (هودج 1980).

تؤخذ التصحيحات الجوية عموما من مخططات بيانية أو جداول أو مساطر منزلفة SLIDE RULES خاصة بمعامل الانكسار، مع ذلك إذا طلب درجة عالية من الضبط يجب احتساب التصحيح ابتداء بالمبادئ الأولية، اعتقاديا ، يذكر المصنعون المعادلة المستخدمة في إنشاء المخطط البياني والتي هي أصلا معادلة تقريبية مستندة إلى متوسط قيمة الرطوبة، فلقد اثبت (كارل 1975) بأن استخدام معادلة أو مخطط بياني يعطي خطأ مقدار 0.7 جزء من المليون بالمقارنة مع الحسابات المبدئية بالمبادئ الأولية، هذه الحقيقة هي أيضا معنوية في تلك الأجهزة التي تسمح باختيار معامل الانكسار من على لوحة مثبتة على الجهاز.

لقد اثير في اعلاه إلى أهمية التصحيح عن العوامل الجوية، وهو بوضوح يعتمد على درجة الضبط التي يمكن الحصول عليها لدرجة الحرارة والضغط على امتداد خط القياس، فيقتضى عموما بأن متوسط قراءات القياسات المتخذة عند كل من الجهاز والعاكس تمثل متوسط ظروف القياس على امتداد مسار الموجة. ويشير (هودج 1975) إلى أن الخطأ باستخدام الفرضية اعلاه على امتداد خط اختبار طوله 3كم كان (2°C+) و (2mmHg-) ، كذلك يمكن التعبير المختبري للبارومتري بأن هناك خطأ إضافي مقدار (4mmHg-) منتجا خطأ مركبا مقدار 12 ملم لـ 3كم.

وهكذا إذا أراد إبقاء هذا الخطأ بأقل قيمة. فإنه يجب تمثيل المعايير والبارومترات المستخدمة باعتناء قبل وبعد القياس. في الوقت الحاضر لا يوجد حل سهل لهذه المسألة المصيبة المتمثلة في تقدير الظروف التي يتم بها القياس على امتداد المسار. الفعلي لخطوط القياس. وعليه ففي حالة الرغبة بتقليل الخطأ الناتج عن هذا المصدر فإنه يجب اتباع الخطوات التالية:

- (A) يجب أخذ درجة الحرارة والضغط عند كل من نهايتي الخط المقاس.
- (B) يجب أخذ القياس في أعلى أو أعلى ارتفاع ممكن (3م في الأقل فوق الأرض) لتعويض تأثيرات الإشعاع الأرضي، ولكن تعكس ظروف قياس وسط الخط بشكل صحيح.
- (C) يجب توافق القياسات أعلاه مع قياسات المسافة بالأجهزة الإلكترونية ومغناطيسية.
- (D) يجب أخذ القراءات الجيئية لوسط الخط إن أمكن.
- (E) يجب أن تكون المعايير والبارومترات من أحسن الأنواع وأن تكون معايرة باعتناء إزاء معيار معتمد قبل وبعد الاستخدام.
- (F) يجب تجنب الخطوط الملامسة للأرض.

هنالك تأثير آخر للانكسار وهو تأثير الانحناء هزمة القياس، وهذا يهمل في مسوحات الأعمال الهندسية - حوالي 3 ملم في 20 كم. (هودجز 1980) - وسوف لن يؤخذ بنظر الاعتبار مستقبلاً.

2-2-4-3 خطأ قياس الطور (8)

فكما سبق ذكره ، لن قياس الفرق بالطور بين الموجات المرسلية والمستلمة يمكن من تعيين الجزء من طول الموجة. وهكذا فالأخطاء في قياس فرق الطور سوف تعطي أخطاء بالمسافة المقاسة. وتكون أخطاء الطور دورية CYCLIC وهي لا تتناسب مع المسافة المقاسة ، ويمكن أن تعتمد على الجهاز أو لا تعتمد عليه.

لن سبب أخطاء الطور التي لا تعتمد على الجهاز هي إشارات زائفة من أجسام عاكسة مضادة جزمة قياس، وعادة تكون الإشارة المرجعة بالعاكس قوية بحيث تتطلب تماماً على هذه الأجسام العاكسة الزائفة. مع ذلك يجب أخذ الحيلة والحذر عند استخدام عاكسات العريث أو الضوء المسلط في أعمال المدييات القصيرة.

لن السبب الرئيس لخطأ الطور هو الجهاز ، وينتج الخطأ عادة عن مصدرين محتملين اثنين ، ففي الحالة الأولى عندما ينعرف منحرف متحمس الطور عن الاستقامة LINEARITY ضمن قيمة طور معينة، فالخطأ الناتج سيكرر كلما وردت المسافة في ذلك الطور. وباستثناء القصور في العمل ، فإن شاشة الطور درجة ضبط معتمدة، وعليه فإن أكبر خطأ من هذا المصدر يجب أن لا يزيد على ملليمترين أو ثلاثة. أما مصدر الخطأ الأهم (الأكثر معنوية) للطور

فهو ينشأ من الكلام السلبي العرضي أو عن ازدواج زائف بين قناتي الإرسال والاستلام ، وهذا يؤدي إلى خطأ يتغير بموجب معادلة الجيوب SINUSOIDALLY مع المسافة ويتناسب عكسيا مع قوة الإشارة.

يمكن إيجاد الأخطاء الدورية في قياس الطور من خلال مشاهدات لسلسلة من المواقف الموزعة على طول موجة كاملة، ففضيب أو (سكة) مقسم بدقة إلى أجزاء طولها 10م سوف يغطي متطلبات أغلب الأجهزة ذات المدييات القصيرة ، ووجود مايكرومتر على الفضيب قادر على إزاحات مضبوطة جدا للماكس (بحدود ± 0.1) ملم على مدى 20سم) سوف يمكن من فهم أي جزء من منحني الخطأ بلعمان أكثر.

يجب أن يكون منحني الخطأ - المرسوم كدالة للمسافة - مناسباً لكل من طرفي الإشارة القوية والضعيفة جداً ، ومن ثم يمكن استخدامه لتطبيق التصحيحات على المسافة المقاسة. فالمنحني الخطأ لمعظم الأجهزة ذات المدييات القصيرة سوف لن يزيد على ± 5 ملمتر.

2-2-4- ثابت الجمع ADDITIVE CONSTNAT (k)

إن ثابت الجمع يساوي لإزاحة المركز البصري عن المركز الفيزيائي لكل من الجهاز والموشور. ويتكون الخطأ المصغر من متغيرات في ثابت الجمع وهو لا يتناسب مع المسافة. كما وأن درجة الضبط التي بدعيها أي جهاز الكتروني (EDM) لا يمكن أن تكون أفضل من تلك درجة الضبط التي يعرف بها ثابت الجمع. إن مصادر خطأ المقعر التي لا يكون الجهاز سبباً لها هي تمرکز الجهاز والعاكس فوق معطات المسح ثم التوجيه غير الصحيح للجهاز. فلذا تم التمرکز بمدر وجرى التحقق منه من خلال عملية القياس لتجنب الازاحة DRIFT الناتجة عن هطول الركيزة فلن هذا الخطأ العشوائي يجب أن لا يزيد على ± 1 ملم. أما خطأ التوجيه فينتج عن انفراج حزمة القياس الذي يؤدي إلى أن يكون قطر الحزمة أكبر من العاكس ، وكنتيجه لذلك فلن العاكس سيستلم جزءاً من الطاقة المرسله فقط وهذا الجزء المعين من الطاقة يعتمد على توجيه الجهاز ومن خواص الصمام المشع للضوء هو لإحداث تأخير قليل بالرمن بين الشعاعات المنبعثة من مناطق مختلفة من حزمة القياس ، وعليه فلن ثابت الجمع سيستخدم ، إلى حد ما - على الاستقامة المضبوطة للجهاز نسبة إلى العاكس . أكثر الاحتمال هو أن هذا الخطأ يحدث على مسافات تقل عن 50 م ، ولا يمكن استخدام المنظار في التوجيه مادامت نقطة التوجيه البصرية لا تنطبق مع أعلن إشارة عاكسة ، فمع ذلك وطالما يجب تنقيح الإشارة لمنع التحميل الإضافي فلن يمكن التوجيه باستخدام مقياس عارض الإشارة SIGNAL MONITOR METER.

إن أخطاء الأجهزة ذات العلاقة بالتمرکز والتوجيه هي عبارة عن اختلاف ميكانيكي للاستقامة واختلاف في استقامة المنظار. فسبب الاختلاف الميكانيكي بالاستقامة

هو ان الجهاز لا يدور حول محور شاقولي صحيح عندما يكون موزونا بشكل صحيح ، واختلاف استقامة المنظار بالطبع تسبب اخطاء في التوجيه ومن ثم في المعر لاسباب سبق ذكرها .

بالاضافة للاخطاء النظامية المذكورة بالتفصيل سابقا فلن هنالك اخطاء عشوائية موزعة طبيعيا سببها حدوث ضوضاء كهربائية في المنظومة، وحيث ان هذا الخطأ متناسب عكسيا مع قوة الإشارة فلن الخطأ سيكون صغيرا في الاشارات القوية، ويمكن ان يكون جدا معنوياً في الاشارات الضعيفة، ويمكن تقليل هذا الخطأ باستخدام اكبر عدد من الماكسات لتقوية الإشارة حيثما يكون ذلك ضروريا، و باخذ معدل القراءات n وبذلك تقليل للخطأ بنسبة $(1/n)$ ،

واخيرا يمكن ان ينشأ خطأ بحدود بضعة ملليمترات في الاشارات القوية جدا . ولمعظم الاجهزة وسائل لتقليل الفتحة البصرية APERTURE لتجنب هذا المصدر من الخطأ.

يمكن ايجاد ثابت الجمع باستخدام ثلاث نظام A و B و C على استقامة واحدة وقياس المسافات (AB) و (BC) و (AC)، فلذا كان D هو الطول المقاس و L هو الطول الحقيقي، عليه :

$$\begin{aligned} D_{AB} &= L_{AB} + k \\ D_{BC} &= L_{BC} + k \\ D_{AC} &= L_{AB} + L_{BC} + k \end{aligned}$$

والتي عند الحل تعطي:

$$D_{AB} + D_{BC} - D_{AC} = k \quad \dots (22-2)$$

وبتم الحصول على دقة اكبر بقياس مقاطع متعددة اكثر ؛ (d_1, d_2, \dots, d_n) والطول الكلي D معطيا :

$$k = D - \sum_{i=1}^n d_i / (n-1) \quad \dots (23-2)$$

وهناك طريقة اكثر مطلوبة وهي بقياس كافة تركيبات الاموال (سكوبندر 1972) ثم التعديل بطريقة المربعات الصغرى للحصول على القيم الاكثر احتمالا لـ (k) ،

ويجب تعيين ثابت الجمع دائما لجهاز قياس وعاكس مترافقين.

2-4-5 قياس زوايا الارتفاع

لن الاخطاء المذكورة اعلاه تخم الطول المائل للخط، ولكن لما كانت المسافة الافقية هي المسافة المطلوبة في النهاية، لذا يجب معرفة الاخطاء الناجمة في عملية تحويل الطول من مائل الى افقي.

لن اكثر احتمال لطرق التحويل الى الحالة الافقية هو من خلال زاوية الارتفاع (θ) ، ويكون التصحيح الملائم (δ) مساويا $(L - L \cos \theta)$ حيث ان L هو الطول المائل المصحح، فمن هذه المعادلة :

$$\delta c / \delta \theta = L \sin \theta$$

$$\delta \theta'' = \delta c \times 206265 / L \sin \theta$$

... <24-2>

فـلـمـ (L=1000M) وـ (θ=5°45') وـ (δc=1 MM) تكون (δθ=2.06°)، التي تعنى بأنه تحت ظروف معينة يتطلب الأمر قياس زوايا الارتفاع باعتبارها عام، وبذلك يكون استخدام منوارة تقراً ثانية واحدة ضرورياً، وإذا بقبل خطأ معياري مقداره (±4.5°) التي (±6°) في زاوية الارتفاع لرمدة على الوجهين DOUBLE FACE OBSERVATION يكون من الضروري أخذ رصدين على الوجهين في الأعلى، وهناك امثلة إضافية تعرض نفس المسافة المقاسة لـ (θ=1°) وـ (δθ=11.8°) ولـ (θ=20°) وـ (δθ=0.6°)، فقياس زوايا الارتفاع هو إذن خرج جيد ويجب أخذ كافة مصادر الخطأ بنظر الاعتبار بفهمها التصحيحات عن تمحيد الأرض وعن الانكسار- راجع (الفترة 2-8-3).

فلذا تم تحويل المسافة من مائلة إلى افقية باستخدام فرق الارتفاع (h) لمصدر القياس، فلن اول حد من التصحيح يمكن ان يستخدم لتحليل مماثل، أي :

$$c = h^2 / 2L$$

$$\delta c / \delta h = h / L$$

... <25-2>

وهكذا، فبالنسبة لـ (L=1000 M)، لن ما يتقابل (θ=5°45') هو (h=100M) وما يتقابل (δC=1MM) هو (δh=10MM) كالتسايق. وكان بالإمكان الحصول على هذه الدرجة من الضبط بالتسوية الاعتيادية، وكأمثلة إضافية، هي لـ (h=1M) وـ (δh=1MM) ثم (h=10M) وـ (δh=0.1M) مما يشير إلى زيادة مباشرة في الدقة بازدياد الارتفاع، وهكذا يمكن رؤية ان الحصول على فروقات الارتفاع ليس هو حرجا كالحصول على زوايا الارتفاع، لن ما يجب ملاحظته هو : في الوقت الذي تستخدم فيه (h²/2L) في تحليل الخطأ فإنه يجب استخدام قاعدة فيثاغورس لتحويل الطول المائل إلى افقي.

يمكن تصنيف الأخطاء في قياس زاوية الارتفاع على أنها إما ان تكون بسبب الجهاز أو ان لا تكون بسبب الجهاز، فالأخطاء التي سببها الجهاز هي موشقة بشكل جيد وقد تمت تغطيتها في الجزء الاول (سكوفيلد - شعبان 1986)، أما السبب الرئيسي للأخطاء التي لا يكون الجهاز سببا لها فهو صعوبة تقدير تأثير الانكسار على الزاوية المقاسة، يكون تأثير أخطاء التوسيط مهما، فخطأ التمرکز المركب للجهاز والهدف الذي مقداره (±50MM) يعطي خطأ مقداره (±1°) في زاوية الارتفاع مقداره (5°) لمسافة طولها 1000 متر (كزل 1975)، وب نفس الطريقة، في قياس الزوايا المتبادلة يكون قياس ارتفاع كل من الجهاز والهدف ضروريا لأجل الحصول على التبادل الحقيقي، وخطأ مقداره (±5MM) في أي من هذين الارتفاعين سينتج خطأ مقداره (±1°) تحت الظروف المذكورة أعلاه.

بسبب صعوبة الحصول على نموذج حقيقي للظروف الجوية

التي يمر من خلالها خط النظر فلنلحظ بيشك فيما إذا يمكن تحقيق درجة الضبط العالية المطلوبة لزوايا الارتفاع وعليه يكون من المعقول أن يفترض بأن درجة الضبط ستخففي في تحويل المسافة المائلة المقاسة إلى المسافة الأفقية. وهذا الانخفاض بدرجة الضبط سوف يقل كثيرا إذا استخدمت المناسيب بدلا من زوايا الارتفاع. هذا، ولما كان استخدام زوايا الارتفاع أسرع وأسهل وأكثر اقتصادا، لذا يجب اتخاذ أقصى الحذر في قياساتها، ويجب قياس الزوايا الأتية المتبادلة أينما كان ذلك ممكنا، ومما يجب أخذه بنظر الاعتبار هو أن الأجهزة التي تعطي المسافات الأفقية من المسافات المائلة تلقائيا إنما تفعل هذا باستخدام زوايا الارتفاع التي لم تصمم عن الانكسار بتاتا أو التي تصمم عن الانكسار باستخدام قيمة معيارية لمعامل الانكسار والتي قد تختلف كثيرا. عن القيمة الفعلية وقت القياس.

2-2-4-6 التحويل إلى مستوي إسقاط المشبك الوطني

هنالك عدد من الشبكات الهندسية التي ترتبط بالمشبك الوطني لمصلحة المساحة-ORDINANCE SURVEY NATIONAL GRID، وتتضمن عملية الربط هذه تحويل الأطوال الأفقية للشبكة إلى متوسط مستوي سطح البحر (MSL) ومن ثم إلى مستوي الإسقاط باستخدام معامل مقياس محلي (LSF) LOCAL SCALE FACTOR. ويتم التحويل إلى (MSL) باستخدام:

$$C_M = \frac{LH}{R} \quad \dots (10-2)$$

حيث أن: C_M هو تصحيح الارتفاع.
 H و هو متوسط ارتفاع الخط فوق (MSL) أو ارتفاع محطة القياس فوق (MSL).
 R و هو متوسط نصف قطر الكرة الأرضية وبساوي 6.38×10^6 متر.

ولإجراء التفاضل على <المعادلة 10-2> يعطى:

$$\delta C = L \delta H / R \quad \dots (26-2)$$

ولـ ($L=1000M$) و ($\delta C=\pm 1MM$) يكون ($\delta H=\pm 6.38M$). فحيث أن روافض التسوية التقليدية لمساحة المساحة مضمونة بحدود ($\pm 10MM$)، وحيث إن عملية التشييد هي ذات درجة ضبط أكثر مما تقارن بهذه. فإن الانسحاب الذي تنجم عن هذا المصدر يمكن أن تهمل.

يؤدي تحويل المسافة الأفقية إلى متوسط سطح البحر إلى إعطاء المسافة الوترية CHORD DISTANCE وليس القوس أو المسافة الكروية. مع ذلك فإن تصحيح الوتر/القوس يكون مهملا لمسافات تقل عن العشرة كيلومترات وعليه فسوف لن يبحث فيه أكثر من هذا.

لأجل تحويل المسافات الكروية إلى مسافات تشبيكية، من الضروري احتساب معامل المقياس المحلي وشرب

المسافة الكروية به. إن معامل المقياس المحلي يتغير من نقطة إلى أخرى ، وفي أسوأ الاحوال عندما يتغير من احد اضلاع 10 كم مربعة إلى الضلع الآخر بمقدار 6 اجزاء من 100 000 تقريبا (مملحة المساحة البريطانية 1950) ، وهكذا يكون الخطأ في وسط المربع مساويا 1 إلى 30 000 تقريبا .

للبحث في تفاصيل معاملات المقياس واستخراجها وتطبيقاتها ، راجع (الفقرة 2-14).

سوف تستخدم الآن المعادلة التقريبية التالية لمعاملات المقياس لتمثيل الخطأ ، أي :

$$F = F_0(1 + (E_m^2/2R^2)) \quad \dots(27-2)$$

حيث أن E_m هي تقرييق المشبك الوطني لنقطة وسط الخط ناقصا 4 000 000 متر.

و F_0 هو معامل المقياس عند خط الزوال الوسطي

وبساوي 0.999 601 27.

و R هو متوسط نصف قطر الكرة الأرضية وبساوي

$$6.38 \times 10^6 \text{ متر.}$$

وهكذا يكون تصحيح معامل المقياس C :

$$C = LF_0(1 + (E_m^2/2R^2)) - L \quad \text{سم} \quad \dots(28-2)$$

$$\delta C/\delta E_m = LF_0(E_m/R^2).$$

وهكذا لـ ($L=1000M$) و ($\delta C=\pm 1MM$) و ($E_m=120KM$) تكون ($\delta E_m=\pm 333M$) . وهكذا تكون درجة ضبط تقدير الموقع على المشبك الوطني (NG) ليست حرجة.

وبإجراء التفاضل الآن نسبة إلى R :

$$\delta C/\delta R = LF_0 E_m^2/R^3 \quad \dots(29-2)$$

ولنفس المعاليم اعلاه تكون ($\delta R=\pm 18 KM$) . أما قيمة R البالغة 6.38×10^6 متر فهي القيمة الوسطية لكامل الكرة الأرضية وهي مضبوطة إلى حد 10 كم تقريبا بين خطي العرض 30° و 60° ، بينما تكون قيمة R البالغة 6362 كم هي أكثر واقعية تحت خط عرض 30° .

وعليه لئلا يمكن رؤية أن التحويل إلى متوسط مستوي سطح البحر (MSL) ومن ثم إلى مستوي المشبك الوطني سوف يكون له تأثيرا مهما على المسافة الأفقية النهائية.

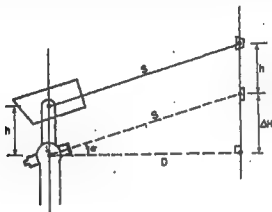
2-4-7 أخطاء التمرکز (الازاحة)

يمكن أن تنشأ هذه الأخطاء من الكيفية التي يوضع فيها جهاز قياس المسافة الالكترومغناطيسي على المزواة ومن نوع المؤشور المستخدم.

(1) خذ جهاز قياس مسافة الكترومغناطيسي مركب على

(3) عادة ، تستخدم اجهزة الـ(EDM) المركبة على اجهزة المزواة مع عاكسات غير متحركة (شكل 2-10)، فكما يشير اليه سابقا ، لا يوجد خطأ لزاوية لان مركز القياس في وحدة الـ(EDM) ينطبق على محور المبل، أما إذا استخدم مع عاكس متحرك فسيكون هنالك خطأ لزاوية ($e = h \tan \alpha$) على المسافات المائلة كما في المثال السابق، مع ذلك، وحيث ان في هذه الحالة الان، الموشور هو متحرك فلن المسافة المائلة ستكون اصغر مما يجب عندما تكون α موجبة والعكس صحيح.

(4) إذا استخدم جهاز (EDM) محمول على منظار مع عاكس مركزه هو نفس مركز الهدف (شكل 2-11) فسينتج عن ذلك خطأ لزاوية ، لان زاوية الارتفاع المقاسة α ليست هي الزاوية للمسافة المقاسة S.



شكل 2-10

في المثلث (ABC) :

$$h/\sin \theta = S/\sin(90^\circ - \alpha)$$

$$\therefore \sin \theta = h \cos \alpha / S$$

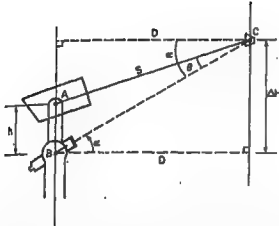
وهكذا بعد الحصول على قيمة لـ θ ، تستخرج قيمة المسافة الافقية D من :

$$D = S \cos(\alpha - \theta) \quad \dots \langle A30-2 \rangle \quad (\text{عندما تكون } \alpha \text{ موجبة})$$

أما لزاوية الانخفاض ، اي عندما تكون α سالبة :

$$D = S \cos(\alpha + \theta) \quad \dots \langle B30-2 \rangle$$

(5) عندما يكون محور وحدة الـ(EDM) منطبقا على المحور البصري للمنظار والرمادات هي مباشرة الى مركز العاكس، فسوف لن تكون هنالك تصحيحات لزاوية.



شكل 11-2

أمثلة محلولة

مثال 2-3: قيس خط قاعدة بالشريط معلقاً أربع مرات ممطياً 30.126 م و 29.973 م و 30.066 م و 22.536 م وكانت الفروقات بالنسبة 0.45 م و 0.60 م و 0.30 م و 0.45 م على التوالي، وكانت درجة الحرارة في وقت القياس (10°C) وكثلة الاجهاد 15 كغم، علماً بأنه كان قد جرى تمهيد الشريط وكان 30 م عند درجة حرارة (20°C) على المستوى بكتلة لجهاد مقدارها 5 كغم، وكان معامل التمدد المراري 0.000 011 لكل درجة حرارة مكعبة واحدة وكانت كتلة الشريط 1 كغم ومساحة مقطعه 3 ملم^2 مرجع. ثم ان معامل المرونة $(E=210\text{KN/MM})$ او $210 \times 10^3 \text{ نيوتن على المليمتر المربع}$ والتعجيل الارضي $(g=9.806 \text{ 65 M/S}^2)$.

(A) اكتب كل معادلة تستخدمها واحسب طول خط القاعدة.
(B) ما هو مقدار الشد الذي كان يجب ان يمتد ليحذف تصحيح الطول؟ (جامعة لندن)

الحل

(A) لما كان الشد الحظي ودرجة الحرارة ثابتين خلال عملية القياس، فيمكن تطبيق التصحيحات الثلاث الاولى على كامل طول خط القاعدة، اي $(L=112.701\text{M})$.

$$C_T = \frac{L \Delta T}{AE} = \frac{112.701 \times 10 \times 9.806 \text{ 65}}{3 \times 210 \times 10^3} = +0.0176 \quad \text{الشد}$$

$$C_L = L K \Delta t = 112.701 \times 0.000 \text{ 011} \times 10 = -0.0124 \quad \text{درجة الحرارة}$$

$$C_W = \frac{L W^2}{24 T^3} = \frac{112.701 \times 1^3}{24 \times 15^3} = -0.0210 \quad \text{الطول}$$

$$C_H = \frac{h^3}{2L} = \frac{1}{2 \times 30} (0.45^3 + 0.60^3 + 0.30^3) + \frac{0.45^3}{2 \times 22.536} = -0.0154 \quad \text{الميل}$$

$$+0.0176 \quad -0.0488$$

إذن فالتصحيح الكلى يساوى: -0.0312
وعليه، فالطول المصحح: $112.701 - 0.0312 = 112.6708 \text{ M}$.

لاحظ جيدا: تم تقريب الثلاثة اطوال الى 30م فى تصحيح الميل وقد أهمل الخطأ الناتج الذى هو من الدرجة الثانية.

(B). لإيجاد الشد المطلوب لمذق تصحيح الهطول، ساو المعادلتين الآتيتين:

$$\frac{\Delta T}{AE} = \frac{W^2}{24T_A^3}$$

حيث ان (ΔT) هو الفرق بين الشد المعطى والشد المعيارى
اى: $(\Delta T = T_A - T_g)$.

$$\therefore \frac{(T_A - T_g)}{AE} = \frac{W^2}{24T_A^3}$$

$$\therefore T_A^3 - T_g^3 T_g - \frac{AEW^2}{24} = 0$$

وبالتعويض من قيم T_g و A و E وملاحظة تحويل وحدات T و W الى وحدات النيوتن N ، ينتج:

$$T_A^3 - 49T_g^3 - 2524653 = 0$$

$$\text{لجعل } (T_A = T + x) \text{ ينتج: } (T + x)^3 - 49(T + x)^3 - 2524653 = 0$$

$$T^3 \left(1 + \frac{x}{T}\right)^3 - 49T^3 \left(1 + \frac{x}{T}\right)^3 - 2524653 = 0$$

وبفتح الأقواس حسب نظرية دى المدين:

$$T^3 \left(1 + \frac{3x}{T}\right) - 49T^3 \left(1 + \frac{2x}{T}\right) - 2524653 = 0$$

$$\therefore T^3 + 3T^2x - 49T^3 - 98Tx - 2524653 = 0$$

$$\therefore x = \frac{2524653 - T^3 + 49T^3}{3T^2 - 98T}$$

وبغرف $(T = 15 \text{ KGF} = 149 \text{ N})$ فلن $(x = 75 \text{ N})$.
إذن عند أول تقريب تكون $T_A = (T + x) = 222 \text{ N}$

مثال 2-4: كان قد قبس طول خيط قاعدة بشرط معلق طوله الاسمى 30م، ولكن ظهر بأن طوله يساوى 30.015م عندما تم تعبيره وهو معلق بدرجة حرارة (20°C) تحت تأثير كتلة إجهاد 5كغم، فلذا كان متوسط منسوب خط القاعدة 30.50م فوق مستوي الاسناد (00). أوجد طوله الحقيقى عند متوسط مستوي سطح البحر.

المعطيات: كتلة الشريط لكل وحدة طول $(w) = 0.03 \text{ KG/M}$
كثافة الحديد $(\rho) = 7690 \text{ KG/M}^3$
معامل التمدد $(K) = 11 \times 10^{-6} / ^\circ \text{C}$
معامل المرونة $(E) = 210 \times 10^3 \text{ N/MM}^2$
التعجيل الأرضى $(g) = 9.80665 \text{ M/S}^2$
نصف قطر الكرة الأرضية $(R) = 6.4 \times 10^6 \text{ M}$.

(بوليتكنيك كنكرتون)

الفرق بالممنسوب كتلة الاجهاد	درجة الحرارة	الطول المقاس	الجزء
(كغم)	(°C)	(متر)	
5	21.6	30.050	1
5	21.6	30.064	2
5	24.0	30.095	3
5	24.0	30.047	4
7	24.0	30.041	5

التعبير

خطأ الشريط بطول 30 م يساوي 0.015 م
طول خط القاعدة الكلي يساوي 150.297 م

لذن التصحيح:

$$= \frac{150.297}{30} \times 0.015 = +0.0752$$

درجة الحرارة:

$$\left. \begin{aligned} C_1 &= 60 \times 11 \times 10^{-6} \times 1.6 = 0.0010 \text{ m} \\ C_2 &= 90 \times 11 \times 10^{-6} \times 4 = 0.0040 \text{ m} \end{aligned} \right\} +0.0030$$

باعتبار الخطأ من الدرجة الثانية مهملاً عند تقريب الاجزاء
الى 30 م .
الشدة: (بتحويل (ΔT) الى نيوتن) $C_T = \frac{L \Delta T}{AE}$ (للجزء 5 فقط)

ومساحة المقطع العرضي A للشريط:

$$A = \frac{w}{p}$$

$$\therefore A = \frac{0.03}{7690} \times 10^6 = 4 \text{ mm}^2$$

$$\therefore C_T = \frac{30 \times 2 \times 9.81}{4 \times 210 \times 10^3} = +0.0007$$

الميل:

$$C_s = \frac{h^2}{2L} - \frac{1}{2 \times 30} (0.750^2 + 0.345^2 + 1.420^2 + 0.400^2) = -0.0476$$

حيث يهمل الخطأ الذي هو من الدرجة الثانية الناتج من
التقريب الى 30 م في هذه الحالة ايضا . مع ذلك يجب
لتخاذ البعد عندما يكون هنالك عدة اجزاء لان تأشيرها
قد يكون معنوياً .

المطلوب:

$$\begin{aligned} C_s &= \frac{L^3 w^3}{24} \left(\frac{1}{T_s^3} - \frac{1}{T_s^4} \right) \\ &= \frac{30^3 \times 0.03^3}{24} \left(\frac{1}{5^3} - \frac{1}{7^3} \right) = +0.0006 \end{aligned}$$

الارتفاع:

$$C_H = \frac{LH}{R} = \frac{150 \times 30.5}{6.4 \times 10^6} =$$

-0.0007

$$+0.0815 - 0.0483$$

إذن فالاصحاح الكلي يساوي (+ 0.0332) متر
وعليه فالطول المصحح: $= 150.297 + 0.0332 = 150.3302 \text{ m}$.

مثال 2-5: (A) تم ايجاد قاعدة معيارية بقياس دقيق بواسطة شريط حديدي للمسافة بين علامتين ثابتتين على سطح مستوي، وكان متوسط المسافة المسجلة 24,984 عند درجة حرارة (18°C) وتمت شد مقداره 155 نيوتن، وقد كان الشريط المستخدم قد جرى تعبيره وهو معلق وكان طوله 30م عند درجة حرارة (20°C) وشد 100 نيوتن.

أوجد الطول الحقيقي بين علامتين ثابتتين المعطيتين، علما بأن الكتلة الكلية للشريط 0.90 كغم، ومعامل تمدد الحديد (11×10^{-6}) لكل درجة حرارة مئوية، ومساحة المقطع العرضي 2 ملليمتر مربع ومعامل المرونة ($E = 210 \times 10^3$) نيوتن على الملليمتر المربع والتعجيل الأرضي ($g = 9.807$) متر على الثانية المربعة.

(B) استخدم الشريط في موعد لاحق لقياس مسافة طولها 30م بالشريط معلقاً، وكان الفرق بالمنسوب بين رأس القياس متراً واحداً بخطأ مقداره 3 ملم. وقد بينت القحوصات التي أجريت على نابض الميزان بأن الشد المقروض البالغ 100 نيوتن خطأ مقداره (2N). أهمل كافة باقي مصادر الأخطاء، ما هو الخطأ المحتمل في المسافة المقاسة؟ (بوليتكنيك كينغزتون)

الحل

(A) لذا عبر شريط قياس وهو معلق، فعند وضعه على سطح مستوي سيكون أطول من طوله بوضعه المعلق هذا بمقدار تصحيح الطول، وسيصحح هذا المقدار بالتحقيق هو تصحيح التعبير.

الخطأ لكل 30م:

$$= \frac{LW^2}{24T_1^2} = \frac{30 \times (6.90 \times 9.807)^2}{24 \times 100^2} = 0.0097 \text{ m}$$

إذن التصحيح:

$$= \frac{0.0097 \times 24.984}{30} = 0.0081 \text{ m}$$

عن الشد:

$$= \frac{24.984 \times 55}{2 \times 210 \times 10^3} = 0.0033 \text{ m}$$

عن درجة الحرارة:

$$= 24.984 \times 11 \times 10^{-6} \times 2 = -0.0006 \text{ m}$$

إذن التصحيح الكلي يساوي:

$$= + 0.0081 + 0.0033 - 0.0006 = 0.0108 \text{ m}$$

لذن الطول المصحح يساوى : $24.984 + 0.011 = 24.995 \text{ M}$.

$$C_h = \frac{h^2}{2L} : (\delta C_h) \text{ التسوية الخطأ}$$

$$\therefore \delta C_h = \frac{h \times \delta h}{L} = \frac{1 \times 0.003}{30} = 0.0001 \text{ m}$$

$$C_s = \frac{LW^2}{24T^2} : (\delta C_s) \text{ الخطأ الهطول}$$

$$\therefore \delta C_s = -\frac{LW^2}{12T^3} \delta T$$

$$\therefore \delta C_s = \frac{30 \times (0.9 \times 9.807)^2 \times 2}{12 \times 100^3} = 0.0004 \text{ m}$$

$$C_T = \frac{L\Delta T}{AE} : (\delta C_T) \text{ الخطأ الشد}$$

$$\therefore \delta C_T = \frac{L \times \delta(\Delta T)}{A \times E} = \frac{30 \times 2}{2 \times 210 \times 10^3} = 0.0001 \text{ m}$$

لذن الخطأ الكلى يساوى :
 $0.0001 + 0.0004 + 0.0001 = 0.0006 \text{ M}$.

مثال 2-6: جري تعبير شريط من معدن الانقار طوله 30 متر على سطح مستوي ووجد بان طوله كان 30.0501 م عند درجة حرارة (20°C) وشد (88N) ، وقد استخدم هذا الشريط وهو معلق لقياس اول جزء من خط قاعدة ، وكان متوسط الطول المسجل 30.4500 م.

وباستخدام شريط حقلى وجد بان متوسط طول نفس المسافة كان 30.4588 م وكان الشد المقروء (88N) بدرجة حرارة ثابتة مقدارها (15°C) في كلتا الحالتين، وقد جرى الآن قياس بكتبة اجزاء خط القاعدة بالشريط معلقا وباستخدام شريط حقلى فقط ، فكان متوسط طول الجزء الثانى من خط القاعدة 30.5500 م بدرجة حرارة (13°C) وشد (100N). اوجد الطول الحقيقي لهذا الجزء علما بان مساحة مقطع الشريط تساوى (2MM²) ومعامل تمدد معدن الانقار يساوى (4C × 10⁻⁷) وكتلة الشريط تساوى (0.2KG/M) والفرق بالارتفاع بين راسى القياس يساوى 0.5 م ومعامل ارتفاع منسوب خط القاعدة 250 م فوق مستوى الاسناد ونصف قطر الكرة الارضية يساوى 6.4 × 10⁶ م والتعجيل الارضى (9.807M/S²) ومعامل يونك للمرونة (210KN/MM²).
 (بوليتكنيك كينزتون)

الحل

لأجل ايجاد الطول المصحح للجزء الاول من خط القاعدة باستخدام الشريط المرجعى :

التعبير:

الخطأ لـ 30 م يساوى 0.0501 م .

إذن التصحيح لـ 30.4500 م؛

+0.0508
التصحيح عن درجة الحرارة؛

-0.0001

$$= 30 \times 6 \times 10^{-7} \times 5 =$$

$$= \frac{30^3 \times (0.02 \times 9.807)^2}{24 \times 88^4} =$$

التصحيح عن الهطول؛

-0.0056

+0.0508 -0.0057

إذن التصحيح الكلي يساوي (+0.0451M)، وعليه فإن الطول المصحح باستخدام شريط الاسناد يساوي؛

$$= 30.4500 + 0.0451 = 30.4951M$$

أما الشريط الحظلي المصحح عن الهطول فيبقى؛

$$= 30.4588 - 0.0056 = 30.4532M$$

وهكذا فالشريط الحظلي يبقى طولاً اقصر بمقدار؛

$$= 30.4951 - 30.4532 = 0.0419M$$

وهو إذن أطول من شريط الاسناد بهذا المقدار، وعليه فإن طول الشريط الحظلي هو 30.0419 م بدرجة حرارة (15°C) وشد 88 نيوتن.

لايجاد طول الجزء الثانى من خط القاعدة؛

التصبير؛

الخط لـ 30 م يساوى 0.0419 م

إذن التصحيح؛

+0.0427

التصحيح عن درجة الحرارة؛

-0.00004

التصحيح عن الشد؛

+0.0009

التصحيح عن الهطول؛

-0.0043

التصحيح عن الميل؛

-0.0041

التصحيح عن الارتفاع؛

-0.0093

+0.0177

$$= \frac{30.5500}{30} \times 0.0419 =$$

$$= 30 \times 6 \times 10^{-7} \times 2 =$$

$$= \frac{30 \times 12}{2 \times 210 \times 10^3} =$$

$$= \frac{30^3 \times (0.02 \times 9.807)^2}{24 \times 100^4} =$$

$$= \frac{0.500^2}{2 \times 30.5500} =$$

$$= \frac{30.5500 \times 250}{6.4 \times 10^8} =$$

$$= + 0.0259M$$

إذن فالاصحح يساوى؛
وعليه فالطول المصحح للمسافة الثانية؛

$$= 30.5500 + 0.0259 = 30.5759M$$

لاحظ جيداً؛

يسمح بتقريب الطول المقاس إلى 30 م فقط عندما يكون تأثير الخط الناتج عن المسافة النهائية مهملاً.

مثال 2-7: تم شد خط تحويل كهرباء نحاسي قطره 12 ملم بين نقطتين بنفس المستوى المسافة بينهما 300 م بقوة شد مقدارها (5KN) عندما كانت درجة الحرارة (32°C)، والمطلوب

تمديد موقّع نهايته عند تغيير درجات الحرارة، اوجد مقدار الشد عند درجة حرارة (-12°C) والهيكل في الحالتين باستخدام تصميمات الهيكل ودرجة الحرارة والمرونة التي تفرض عادة في قياسات خط القاعدة بالشريط معلقاً، علماً بأن معامل يونغ للنحاس (70KN/MM^2) وكثافته (9000KG/M^3) ومعامل تمدده الطولي $(17 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C})$ ، (جامعة لندن)

الحل

لايجاد مقدار الهيكل اولاً، باستخدام (المعادلة 2-7) في حالتين اعلاه يجب ايجاد (A) الكتلة لكل وحدة طول و (B) الطول الهائل من السلك،

(A) الكتلة لكل وحدة طول (w):
 $w = \pi r^2 \rho = (\text{المساحة}) \times (\text{الكثافة})$

$$= 3.142 \times 0.006^2 \times 9000 = 1.02 \text{ KG/M}$$

(B) الطول الهائل من السلك بدرجة حرارة (32°C) :
 $= L_0 + \left(\frac{L_0^2 w^2}{24 T^2} \right)$

حيث ان (L) هو نفسه الطول الهائل، وهكذا يجب استخدام الطول 300 م كأول تقريب لـ (L).

$$= 300 + \left(\frac{300^2 \times (1.02 \times 9.807)^2}{24 \times 5000^2} \right) = 304.5 \text{ m} \quad \text{لذن الطول الهائل؛}$$

$$= 300 + \left(\frac{304.5^2 \times (1.02 \times 9.807)^2}{24 \times 5000^2} \right) \quad \text{التقريب الثاني؛}$$

$$= 304.71 \text{ m} = L_1 \quad \text{لذن الهيكل (L}_1\text{)؛}$$

$$= y_1 = \frac{w L_1^2}{8 T} = \frac{(1.02 \times 9.807) \times 304.71^2}{8 \times 5000} = 23.22 \text{ m}$$

بدرجة حرارة (-12°C) ستنكمش (L_1) بمقدار:

$$(L_1 \Delta t) = 304.71 \times 17 \times 10^{-6} \times 44 = 0.23 \text{ M}$$

$$\therefore L_2 = 304.71 - 0.23 = 304.48 \text{ M}$$

$$\text{من (المعادلة 2-7) } (L_1 y_1 \propto L_1^2) \therefore y_2 = y_1 \left(\frac{L_2}{L_1} \right)^2 = 23.22 \left(\frac{304.48}{304.71} \right)^2 = 23.18 \text{ m}$$

$$\therefore (y_1 \propto 1/T_1) \quad \text{وبنفس الطريقة؛}$$

$$\therefore T_2 = T_1 \left(\frac{y_1}{y_2} \right) = 5000 \left(\frac{23.22}{23.18} \right) = 5009 \text{ N or } 5.009 \text{ kN}$$

تمارين

2-1 تم تمديد شريط قياس طوله الاسمي 30 م على سطح مستوى لذن مختبر الفيزياء البريطاني الوطني ووجد بأن طوله 30.0520 م عند درجة حرارة (20°C) وشد (44N) . من ثم استخدم الشريط وهو معلق لقياس مسافة مرجعية فأعطى مسافة متوسطها يساوي 30.5500 م عند درجة حرارة (15°C) وشد (88N) ووجد ان كتلة الشريط كانت غير معروفة فقد قيس الهيكل ووجد ان كتلته وسط الشريط توجد بانه يساوي 0.170 م.

فلذا علمت بأن مساحة مقطع الشريط ($2MM^2$) ومعامل يونك ($200 \times 10^3 N/MM^2$) ومعامل التمدد ($11.25 \times 10^{-6}/^\circ C$) والفرق بالارتفاع بين رأس القياس 0.320 م. اوجد الطول الاظفي للمسافة. لهذا كان الخطا في قياس الطول (± 0.001) متر، ما هو الخطا الناتج في تصحيح الطول وماذا يشير هذا الخطا عن درجة الضبط التي قيس بها الطول عند نقطة وسط الشريط ؟
[الجواب : 30.5995 م و ($1 \pm 0.00003M$)]

2-2 قيست ثلاثة اجزاء خط قاعدة بشرريط حديدي وهو معلق ووجدت بانها تساوي 30.084 م و 29.973 م و 25.233 م تحت تأثير سحب مقدارها 7 كغم و 7 كغم و 5 كغم ودرجات حرارة ($12^\circ C$) و ($13^\circ C$) و ($17^\circ C$) وفروقات في مناسيب الركائز 0.3 م و 0.7 م و 0 م على التوالي. فلذا كان الشريط قد عبر على سطح مستوى بدرجة حرارة ($15^\circ C$) وتحت تأثير قوة سحب مقدارها 45 كغم ، ماهي اطوال الاجزاء الثلاثة لخط القاعدة ؟ علما بأن 30 متر من الشريط تزن 1 كغم تماما وكثافة الحديد 8300 كغم/متر المكعب بمعامل تمدد مقدارها ($0.000011/^\circ C$) ، كما ان معامل المرونة E يساوي ($210 \times 10^3 N/MM$) .

(جامعة لندن)

[الجواب : 30.057 م و 29.940 م و 25.194 م]

2-3 تشير التفاصيل المدرجة ادناه الى قياس اول 30 م من خط قاعدة. اوجد الطول الصحيح لهذا الجزء بعد تحويله الى متوسط مستوى سطح البحر.

كان الطول المسجل 30.0247 م بالشريط معلق تحت تأثير كتلة لجهد مقدارها 15 كغم ودرجة حرارة معدلها ($13^\circ C$) ، وكان الفرق بالارتفاع بين نهايتي الشريط 0.456 م وكان الموقع 500 م اعلى من متوسط سطح البحر. هذا ، وقد سبق وان تم تعبير الشريط وهو معلق تحت تأثير كتلة لجهد مقدارها 7 كغم ودرجة حرارة ($16^\circ C$) فكانت المسافة بين الصغرين 30.0126 م. علما بأن ($R=6.4 \times 10^6 M$) وكتلة الشريط ($0.02 KG/M$) ومساحة مقطعه ($3.6 MM^2$) كما وان ($E=210 \times 10^3 N/MM$) ومعامل تمدده الحراري ($0.000011/^\circ C$) (جمعية المهندسين المدنيين البريطانية)

[الجواب : 30.0364 م]

2-4 ترجع المعلومات التالية الى مقطع من خط قاعدة كان قد قيس بالشريط وهو معلق :

مناسيب علامات المؤشر	متوسط درجة الحرارة ($^\circ C$)	الطول المقاس الجزء (متر)
293.610	25.2	30.034
294.030	25.4	30.109
294.498	25.1	30.198
294.000	25.0	30.075
293.355	24.8	30.121

وكان طول الشريط 29.9988م بين علامتي المسفر والـ 30م عندما كان في الحالة الفعلية وبدرجة حرارة (20°C) وتحت تأثير كتلة إجهاد 5كغم. كما وأن مساحة المقطع العرضي للشريط (2.68MM) وكتلة الإجهاد المستخدمة في الحقل 10 كغم ومعامل التمدد الحراري للشريط ($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) (11.16) ومعامل المرونة ($20.4 \times 10^4 \text{ N/MM}^2$) لمادة الشريط وكتلته (0.02KG/M) ومتوسط نصف قطر الكرة الأرضية ($6.4 \times 10^6 \text{ M}$).
أوجد الطول المصحح لهذا المقطع من الخط. (جامعة لندن)
[الجواب: 150.507 م]

3-2 تعديل الشكل بالازاحات المتساوية

FIGURAL ADJUSTMENT BY EQUAL SHIFTS

الخطوة التالية في أعمال الحسابات هي تعديل الأشكال لجعلها صحيحة هندسياً والطريقة المبنية هنا هي طريقة شبه تفصيلية تسمى "الازاحات المتساوية EQUAL SHIFTS".

(1) المثلث البسيط: إن شروط تعديل المثلث المستوي هي أن مجموع زواياه الثلاث تساوي 180°، وعندما تزداد أطوال الأضلاع (أكثر من حوالي 20 كم) يصبح المثلث كروياً وعندما يصبح مجموع الزوايا: (الزيادة الكروية) $+180^{\circ} =$

حيث أن الزيادة الكروية (E°)

(مساحة المثلث)

$$(31-2) \dots (\text{للاغراض العملية}) \times 206265 = \frac{E^{\circ}}{R^2}$$

وهنا نقول نظرية "ليجاندرى LEGENDRE" بأنه إذا طرح تلك الزيادة الكروية من كل زاوية يمكن معاملة المثلث كأنه مثلث مستوي في احتساب أطوال الأضلاع. مع ذلك، ففي حسابات الأعداديات تستخدم الزوايا الكروية مرة أخرى.

(2) الشكل الرباعي متقاطع الاقطار:
شروط التعديل <شكل 2-12>

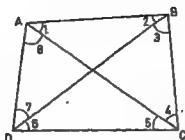
شروط الزوايا:

$$\begin{aligned} 1+2+3+4+5+6+7+8 &= 360^{\circ} \\ 1+2+3+4 &= 180^{\circ} \\ 3+4+5+6 &= 180^{\circ} \\ 5+6+7+8 &= 180^{\circ} \\ 7+8+1+2 &= 180^{\circ} \\ 1+2 &= 6+5 \\ 3+4 &= 7+8 \end{aligned}$$

شروط الأضلاع:

$$\sum \text{LOG SIN}(\text{الزوايا الزوجية}) = \sum \text{LOG SIN}(\text{الزوايا الفردية})$$

وحيث أن كثيراً من الشروط أعلاه تعتمد على بعضها، فإنه يستخدم فقط أربعة شروط في التعديل الفعلي، أما طريقة التعديل فهي: (I) تعديل الزوايا 1 إلى 8 لتساوي 360° (II) تعديل الزاويتين (1+2) لتساوي (5+6) (III) تعديل الزاويتين (3+4) لتساوي (7+8) (IV) شرط الأضلاع.



شكل 12-2

برهان شرط الافلاح :

من الشكل 2-12، المطلوب هو احتساب الطول (CD) من القاعدة (AB)، وهذا يمكن ان يتم عن طريق (BC) او (AD) وكما يلي:

$$\frac{AB}{\sin 4} = \frac{BC}{\sin 1} \quad \therefore BC = \frac{AB \sin 1}{\sin 4}$$

$$\frac{BC}{\sin 6} = \frac{DC}{\sin 3} \quad \therefore DC = \frac{BC \sin 3}{\sin 6} = \frac{AB \sin 1 \sin 3}{\sin 4 \sin 6} \quad \text{والآن:}$$

$$DC = \frac{AB \sin 2 \sin 8}{\sin 7 \sin 5}$$

وبينفس الطريقة عن طريق (AD) :

وحيث لا يمكن ان يكون اكثر من مول واحد فقط لـ (DC) ،
فبمقدار (AB) ينتج :

$$\frac{\sin 1 \sin 3}{\sin 4 \sin 6} = \frac{\sin 2 \sin 8}{\sin 7 \sin 5}$$

اضرب الوسطيين والمطرفين ثم خذ اللوغاريتمات؛

$$\log \sin 1 + \log \sin 3 + \log \sin 5 + \log \sin 7 = \log \sin 2 + \log \sin 4 + \log \sin 6 + \log \sin 8$$

وسوف يجرى الآن توضيح طريقة التعديل باستخدام متوسلات
الزوايا المرمودة التالية في (الشكل 2-12):

التصحيح الثاني				التصحيح الاول				الزوايا دقة			
				المرودة الزاوية							
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	50	42	27	-1	59	42	26	117	30	15	1
2	66	47	54	-2	46	47	53	1	53	42	27
3	41	24	32	-1	41	24	31	2	41	24	33
4	21	05	06	-1	21	05	05	1	21	05	06
5	74	13	36	-1	74	13	35	117	30	23	-1
6	43	16	49	-1	43	16	48	-1	74	13	34
7	18	36	14	-1	18	36	13	-1	43	16	47
8	43	53	30	-1	43	53	29	-2	18	36	12
	360	00	08	-8	360	00	00	0	360	00	00

(A) أول خطوة في طريقة التعامل هي مركبة بوضوح،
(B) الخطوة الثانية تشير إلى أن الفرق بين الزاويتين
(1+2) والزاويتين (5+6) هو 4° أي أن الفرق بين الزاوية

التي تجمع إلى الجمع الصغير وتطرح من الجمع الكبير.
(C) الخطوة الثالثة هي مطابقة لما فوق ، فقد اختبر
التصحيحان "2" و "1" بشكل مطلق لمنع حدوث الكسور العشرية
من الثانية (التصحيح يساوي "1.5" للزاوية الواحدة).

لقد أدت الخطوات الثلاث إلى زوايا مصححة تفي بالول
سبعة شروط من التعديل، وأصبح الآن من الضروري إيجاد
لوغاريتمات جيوب LOG SINS هذه الزوايا ومقارنة
مجاميعها ، وهذا يمكن أن يتم بسرعة فائقة باستخدام
حاسبة الجيب.

1	2	3	4	5	6	7
الزوايا	لوغاريتم الجيب (درجية)	لوغاريتم الجيب (زوجية)	الفرق لـ 10°	من القوس	النهاية	القيم
	° / ' / "					° / ' / "
1	50 42 27	1.888 698		0.000 017	1"	50 42 28
2	66 47 54		1.963 374	9	-1"	66 47 53
3	41 24 33	1.820 485		24	1"	41 24 34
4	21 05 06		1.556 004	55	-1"	21 05 05
5	74 13 34	1.983 329		6	1"	74 13 35
6	43 16 47		1.836 046	22	-1"	43 16 46
7	18 36 12	1.503 810		62	1"	18 36 13
8	43 53 27		1.840 913	22	-1"	43 53 26
		1.196 322	1.196 337	0.000 217		360 00 00
			1.196 322			
			0.000 015			

$$= \frac{15}{217} \times 10'' = 0.7'' \approx 1''$$

لذا التعديل:

(D) يمثل العمود 5 التغييرات في لوغاريتمات جيوب
الزوايا نتيجة تغيير مقدار 10° بالزاوية. ويتم
استخراج هذه القيم بسهولة بزيادة قيمة الزاوية
بمقدار 10° وإيجاد لوغاريتم جيبها في حاسبة الجيب ،
فالفرق بين قيمتي لوغاريتم الجيبين هو الفرق الناتج
عن تغيير الـ 10° في الزاوية.

تستخدم عادة الفروقات لثانية واحدة من القوس، ولكن
فروقات الـ 10° هي المستخدمة في هذه الحالة لتسهيل
فهم المبادئ.

(E) يبين جمع العمودين 3 و 4 الفرق المقداره (0.000 015)
الذي يجب أن يعدل، ويستخرج التصحيح الزاوي اللازم
(0.7'') بتقسيم 15 على مجموع العمود 5 ، أي على 217
وكما هو مبين، وهذا يمكن أن يوضح ما يلي : إذا تم
تغيير كافة الزوايا بمقدار 10° يكون التغيير الكلي في
لوغاريتمات الجيوب 0.000 217 ، مع ذلك

والتعبير المطلوب هو فقط 0.000 015 والذي بواسطة النسبة يمثل تغييراً زاوياً مقداره $(0.7'' = 0.7 \times 10^{-5})$.
(F) والآن يتم إيجاد لوغاريتمات جيوب الزوايا المصححة بسهولة باستخدام العمودين 5 و 6 ليعطيان التصحيحات في العمودين 3 و 4.

(G) إذا كانت زاوية أكبر من 90° فإن التصحيح الموجب للزاوية سيحتاج تصحيحاً سالباً للوغاريتم جيوبها ، وهكذا يجب أن يكون لقيمة الفرق في العمود 5 علامة سالبة والتي تستخدم في إيجاد مجموع هذا العمود ودائماً .

(H) من الجدير بالملاحظة هو أن درجة ضبط الشكل التثليثي يعبر عنها بمقدار الفرق في مجموع لوغاريتمات الجيوب ، أي 0.000 015. ويمكن أن تحدث أخطاء تعويضية COMPENSATING ERRORS في الزوايا مما يؤدي إلى إظهار أقل ممتاز. وكذا أخطاء ستؤدي إلى الاختلال بتوازن معادلة الضلع SIDE EQUATION كثيراً .

ولو يمكن لإنجاز الطريقة أعلاه على حاسبة الجيب بكل سهولة ، ولكن الطريقة التالية (سميث 1982) قد وجدت خصباً لاستخدام حاسبة الجيب :

إن هذه الطريقة لا تستخدم اللوغاريتمات والفروقات لثانية واحدة أو عشر شوانى ، وهي كما يلي :
في شرط الضلع ، افترض بأن v هي التصحيح لكل زاوية ، وعليه :

$$\sin(1+v) \sin(3+v) \sin(5+v) \sin(7+v) = \sin(2+v) \sin(4+v) \sin(6+v) \sin(8+v)$$

$$\sin(1+v) = \sin 1 \cos v + \cos 1 \sin v \quad \text{والآن :}$$

$$= \sin 1 + \cos 1 v \quad \text{وحيث أن } v \text{ هي صغيرة جداً :}$$

$$\therefore \frac{(\sin 1 + \cos 1 v)(\sin 3 + \cos 3 v)(\sin 5 + \cos 5 v)(\sin 7 + \cos 7 v)}{(\sin 2 + \cos 2 v)(\sin 4 + \cos 4 v)(\sin 6 + \cos 6 v)(\sin 8 + \cos 8 v)} = 1$$

وبالفتح إلى حد الدرجة الأولى فقط :

$$\frac{(\sin 1 \sin 3 + \sin 1 \cos 3 v + \cos 1 \sin 3 v)(\sin 5 \sin 7 + \sin 5 \cos 7 v + \cos 5 \sin 7 v)}{(\sin 2 \sin 4 + \sin 2 \cos 4 v + \cos 2 \sin 4 v)(\sin 6 \sin 8 + \sin 6 \cos 8 v + \cos 6 \sin 8 v)} \\ = \frac{\sin 1 \sin 3 \sin 5 \sin 7 + \sin 1 \sin 3 \sin 5 \sin 7 v(\cot 1 + \cot 3 + \cot 5 + \cot 7)}{\sin 2 \sin 4 \sin 6 \sin 8 + \sin 2 \sin 4 \sin 6 \sin 8 v(\cot 2 + \cot 4 + \cot 6 + \cot 8)}$$

$$\begin{array}{ll} \sin 1 \sin 3 \sin 5 \sin 7 = A & \cot 1 + \cot 3 + \cot 5 + \cot 7 = B \\ \sin 2 \sin 4 \sin 6 \sin 8 = C & \cot 2 + \cot 4 + \cot 6 + \cot 8 = D \end{array} \quad \text{افترض :}$$

من ثم يمكن إعادة ترتيب المعكوك أعلاه والتعبير عنه
وهكذا :

$$r = \frac{206265(A - C)}{AB + CD}$$

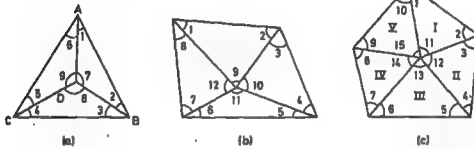
فلذا كانت r موجبة فلن ($A > C$) و r سطرحة من الزوايا "الفردية" وتضاف إلى الزوايا "الزوجية". أما إذا كانت r سالبة فلن ($A < C$) و r سطرحة من الزوايا "الفردية" وتطرح من "الزوجية".

لأن كافة الأرقام التي تظهر على شاشة حاسبة الجيب هي معنوية ويجب أن تدخل ضمن الحسابات.

وسيجرى الآن إعادة حل المثال السابق باستخدام هذه الطريقة لشرط الضلع وهو مبين في <الجدول 2-3>.

(3) "الشكل الخماسي بنقطة مركزية": لن أشكال التخطيط الأساسية هي مبينة في <الشكل 2-13>.

"شروط التعديل":



شكل 2-13

(a) مجموع زوايا كل مثلث يساوي 180° ، أي I و II و V_{000} في <الشكل 2-13>.

(b) مجموع الزوايا المركزية يساوي 360° .

(c) شرط الضلع باستخدام زوايا القاعدة فقط ، أي 1 و 2 و 9 و 10 في <الشكل 2-13> .

"طريقة التعديل":

(A) عدل كل مثلث إلى 180° .

(B) عدل الزوايا المركزية إلى 360° .

(II) كرر تعديل المثلثات إلى 180° باستخدام زاويتي القاعدة فقط في كل مثلث .

(C) التعديل بشرط الضلع باستخدام زاويتي القاعدة فقط

لأن الخطوتين (IB) و (II) هما بالحقبة خطوة واحدة فقط، لأن التصحيح البالغ ($+10^\circ$) مثلا لكل من الزوايا المركزية سيعطي تصحيحا مقداره (-5°) لتفاتها لكل من زوايا قواعد المثلث . من ثم يتم تطبيق شرط الضلع بنفس الطريقة التي تم شرحها تماما باستثناء الزوايا عند النقطة المركزية في كل حالة .

جدول 2- تعديل الشكل الزاوي متقاطع القطرين بطريقة الارضيات المتساوية باستخدام جانب الجيب

الزاوية Angle no.	الزاوية Observed angle	الزاوية 1st corr'n	الزاوية 1st corr'd angle	الزاوية 2nd corr'n	الزاوية 2nd corr'd angle	Sin old L_1 product	Cot old L_1 sum	Sin new L_1 product	Cot new L_1 sum	الزاوية 3rd corr'n	الزاوية Final corr'd angle
1	50 42 27	-1"	50 42 26	+1"	50 42 27	0.773 923	0.818 270 3	0.919 124	0.428 634 4	+1"	50 42 28
2	66 47 54	-1"	66 47 53	+1"	66 47 54	x	+	x	+	-1"	66 47 53
3	41 24 32	-1"	41 24 31	+2"	41 24 33	0.661 432	1.133 911 5	0.339 753	2.993 582 9	+1"	41 24 34
4	21 05 06	-1"	21 05 05	+1"	21 05 06	x	+	x	+	-1"	21 05 05
5	74 13 36	-1"	74 13 35	+1"	74 13 34	0.962 342	0.282 479 4	0.585 561	1.061 927 3	+1"	74 13 35
6	43 16 49	-1"	43 16 48	-1"	43 16 47	x	+	x	+	-1"	43 16 46
7	18 36 14	-1"	18 36 13	-2"	18 36 12	0.319 014	2.970 867 6	0.693 287	1.039 486 9	+1"	18 36 13
8	43 53 30	-1"	43 53 29	-2"	43 53 27	x	+	x	+	-1"	43 53 26
Σ	360 00 08	-8"	360 00 00		360 00 00	0.157 152 8	5.205 528 8	0.157 158 4	5.123 631 5		360 00 00

$$A = \frac{206265(A - C)}{AB + CD}$$

$$= 0.7'' \approx 1''$$

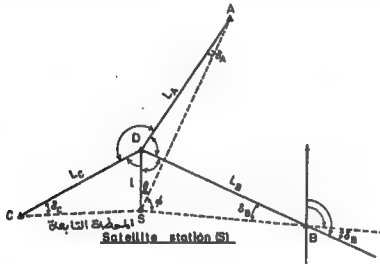
التصحیح الثالث :

إذا كانت $(A > C)$ ، اجمع الى الزوايا الزائدة والمخ من الزوايا المزدية ، والعكس بالعكس

4-2 المحطات التابعة (الأمار الصناعية) SATELLITE STATIONS

في الشكل (2-14) ، المطلوب إيجاد الزوايا المقاسة إلى A و B و C من نقطة D . أو بطريقة أخرى ، المطلوب إيجاد الاتجاهات الزاوية (DA) و (DB) و (DC) . فإذا كانت D محطة فوقية "UP STATION" كان تكون برج كنيسة أو برج كهرباء أو منشأ مرتفع ... الخ ، وإذا كانت خطوط النظر محبوبة بحاجز طبيعي أو اصطناعي ، فإنه يكون من الضروري إنشاء محطة تابعة S قريبة لتقاس منها الزوايا إلى A و B و C و D . ومن ثم يجري تمثيل هذه الزوايا المقاسة حول S إلى الزوايا المعادلة لها حول D . ويتم توضيح هذا بأفضل صيغة كما يلي :

نفرض أن الخط (SD) هو باتجاه الشمال N ، يمكن إرشاء أن اتجاه (DB) الزاوي هو الأكبر من الاتجاه الزاوي لـ (SB) بمقدار δ_B . وهكذا تضاف δ_B إلى الاتجاه الزاوي المقاس (SB) ليعطي الاتجاه الزاوي المطلوب (DB) .



شكل 2-14

فإذا كان التعامل بالزوايا مباشرة ، وباعتبار أن الشكل (ABSD) هو شكل رباعي متقاطع الأفطار ، يمكن إرشاء أن :
 $\angle ADB = \angle ASB + \delta_B - \delta_A$ (S تقع جنوب D) ...

وعلى الطلبة الآن رسم ما يلي وإرشائها لأنفسهم :

- | | |
|---|------------------|
| $\angle ADB = \angle ASB - \delta_B - \delta_A$ | (S تقع غرب D) |
| $\angle ADB = \angle ASB + \delta_B + \delta_A$ | (S تقع شرق D) |
| $\angle ADB = \angle ASB - \delta_B + \delta_A$ | (S تقع شمال D) |

وتتعدد طريقة حل السؤال التي حد كبير بالمعلومات المتوفرة . فإذا أعطيت الزاويتان من A ومن B إلى D ، فإنه يمكن إيجاد قيمة تقريبية فقط لـ (ADB) من (DBA - DAB) ، ومن ثم استخدام قانون الجيوب مع المثلث (AB) لإيجاد L_A و L_B . ثم بواسطة قانون الجيوب في المثلث (DAS) :

$$\delta_A = \frac{l \sin \theta}{L_A} \times 206265$$

(32-2)...

ولتقدير تأثير الاخطاء في الكميات المقاسة على δ_A ، أجر التعاضل نسبة لكل منها على التوالي:

$$\frac{\delta(\delta_A)}{\delta_A} = \frac{\delta l}{l} = \frac{\delta L}{L} = \cot \theta \delta \theta$$

وهذا يشير إلى :

(1) أن الخطأ الجزئي في δ_A يتناسب طردياً مع الخطأ الجزئي في l و L ، وهكذا إذا كانت $(\delta_A = 600 \pm 1)$ و $(l = 10M)$ و $(L = 10KM)$ ، فإنه يطلب قياس l إلى اقرب 0.017 م فقط و L إلى اقرب 17 متر ، أي 1 إلى 600 .

(2) أن الخطأ في δ_A يتناسب مع $(\cot \theta \delta \theta)$ ، وهكذا يجب أن تكون الزاوية θ بالكبر قيمة MAX والزاوية δ_A بالصغر قيمة ، وهذا ما يجعلها أصغر قيمة . لأن درجة الضبط التي يجب أن تقاس بها الزاوية θ ، أي $\delta \theta$ ، تتغير بتغير θ ، فلذا كانت θ كبيرة جداً فلن $\cot \theta$ ستكون صغيرة جداً ومعهذا يمكن قياس θ بدرجة ضبط اعتيادية فقط .

أما التأثير الجمعي للاخطاء المعيارية فهو :

$$\frac{\delta(\delta_A)}{\delta_A} = \pm \left\{ \left(\frac{\delta l}{l} \right)^2 + \left(\frac{\delta L}{L} \right)^2 + (\cot \theta \delta \theta)^2 \right\}^{\frac{1}{2}}$$

2- التقاطع والتقاطع الخلفي

INTERSECTION AND RESECTION

باستخدام هذه التقنيات يمكن إيجاد إحداثيات النقطة P بالتسديد إلى ثلاث نقاط معلومة في الاطل .

2-1-5 Intersection التقاطع

وهذا يعني التسديد إلى P من مواقع معلومة (شكل 2-15) . فباستخدام الاتجاهات الزاوية للشعاعات ، وباستخدام كل شعاعين معاً ، يتم الحصول على إحداثيات P كما يلي :

من (الشكل 2-16) ، المطلوب إيجاد إحداثيات P باستخدام الاتجاهين α و β إلى P من النقطتين المعلومتين A و B ذات الإحداثيات (N_A, E_A) و (N_B, E_B) :

$$\begin{aligned} PL &= E_P - E_A & AL &= N_P - N_A \\ PM &= E_P - E_B & MB &= N_P - N_B \end{aligned}$$

والآن حيث أن $(PL = AL \tan \alpha)$ فلن :

$$E_P - E_A = (N_P - N_A) \tan \alpha \quad (1)$$

وبنفس الطريقة $(PM = MB \tan \beta)$ ، وعليه :

$$E_P - E_B = (N_P - N_B) \tan \beta \quad (2)$$

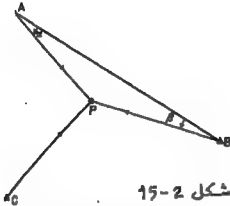
وبطرح (2) من (1) ينتج :

$$\begin{aligned}
 E_B - E_A &= (N_P - N_A) \tan \alpha - (N_P - N_B) \tan \beta \\
 &= N_P \tan \alpha - N_A \tan \alpha - N_P \tan \beta + N_B \tan \beta \\
 \therefore N_P (\tan \alpha - \tan \beta) &= E_B - E_A + N_A \tan \alpha - N_B \tan \beta
 \end{aligned}$$

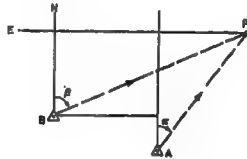
وهكذا :

$$N_P = \frac{E_B - E_A + N_A \tan \alpha - N_B \tan \beta}{\tan \alpha - \tan \beta}$$

...<A33-2>



شكل 2-15



شكل 2-16

$$\begin{aligned}
 N_P - N_A &= (E_P - E_A) \cot \alpha \\
 N_P - N_B &= (E_P - E_B) \cot \beta
 \end{aligned}$$

وبنفس الطريقة :

$$N_B - N_A = (E_P - E_A) \cot \alpha - (E_P - E_B) \cot \beta$$

وبالمطرح ينتج :

وهكذا :

$$E_P = \frac{N_B - N_A + E_A \cot \alpha - E_B \cot \beta}{\cot \alpha - \cot \beta}$$

...<B33-2>

وتمتص لحداكيات P باستخدام <المعادلتين A33-2 و B>،
وقد افترض بأن P هي دائما الى يمين (A-B) في المعادلات،

إذا استخدمت الزوايا المرصودة في P (شكل 2-15)،
تصبح المعادلتان :

$$E_P = \frac{N_B - N_A + E_A \cot \beta + E_B \cot \alpha}{\cot \alpha + \cot \beta}$$

...<A34-2>

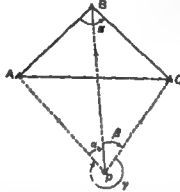
$$N_P = \frac{E_A - E_B + N_A \cot \beta + N_B \cot \alpha}{\cot \alpha + \cot \beta}$$

...<B34-2>

وتستخدم المعادلات اعلاه ايضا في الحل المباشر لأممال
التطبيق بقياس الزوايا .

2-5-2 القاطع الخلفي Resection

وهذا يعني القياس الزاوي من P إلى نقاط خارجية معلومة (شكل 17-2) .



شكل 17-2

عندما تستخدم ثلاث نقاط معلومة فقط ، تتوفر عدة طرق تحليلية مختلفة لحل P ؛
(A) تسمى هذه الطريقة التحليلية ANALYTICAL METHOD ، ومن (الشكل 17-2) ؛
افرض ان ($BAP = \theta$) قلن : $BCP = (360^\circ - \alpha - \beta - \phi) - \theta = S - \theta$

حيث ان θ تحتسب من إحداثيات المحطات A و B و C ، وهكذا تصبح S معلومة .

من المثلث (PAB) : $PB = BA \sin \theta / \sin \alpha$ (1)
من المثلث (PBC) : $PB = BC \sin (S - \theta) / \sin \beta$ (2)

وبمساواة (1) و (2) ينتج : (معلومة) $Q = \frac{\sin(S - \theta)}{\sin \theta} = \frac{BA \sin \beta}{BC \sin \alpha}$ وعليه :

$$(\sin S \cos \theta - \cos S \sin \theta) / \sin \theta = Q$$

$$\sin S \cot \theta - \cos S = Q$$

$$\therefore \cot \theta = (Q + \cos S) / \sin S \quad (3)$$

وهكذا بمعرفة θ و (S- θ) يمكن حل المثلثات لإيجاد أطوال الاضلاع (AP) و (BP) و (CP) واتجاهاتها الزاوية ، وتستخرج ثلاث قيم لاحداثيات P إن تطلب الامر ذلك ، وهذه الطريقة تفشل كما تفشل كافة أعمال التقاطعات الخلفية من ثلاث نقاط إذا وقعت P على محيط الدائرة المارة بالنقاط الثلاث A و B و C ، ولذلك يكون للنقطة لا نهاية من المواضع .

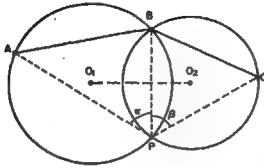
(B) يتم عرض هذه الطريقة لبيان مدى انقراج الطرق المتوفرة ، فالنقاط A و B و C في (الشكل 18-2) هي نقاط ثابتة ذات إحداثيات معلومة ، وإحداثيات مركزي الدائرتين O_1 و O_2 هي :

$$E_1 = \frac{1}{2}(E_A + E_B + (N_A - N_B) \cot \alpha)$$

$$N_1 = \frac{1}{2}(N_A + N_B - (E_A - E_B) \cot \alpha)$$

$$E_2 = \frac{1}{2}(E_B + E_C + (N_B - N_C) \cot \beta)$$

$$N_2 = \frac{1}{2}(N_B + N_C - (E_B - E_C) \cot \beta)$$



شكل 18-2

وهكذا يستخرج الاتجاه الزاوي لـ $(O_1 \rightarrow O_2)$ بالطريقة الاعتيادية، أي:

$$\alpha = \tan^{-1} \{(E_2 - E_1) / (N_2 - N_1)\} \quad \text{وعليه:}$$

$$E_p = E_s + 2[(E_s - E_1) \sin \alpha - (N_s - N_1) \cos \alpha] \sin \alpha \quad \dots \langle A35-2 \rangle$$

$$N_p = N_s + 2[(E_s - E_1) \sin \alpha - (N_s - N_1) \cos \alpha] \cos \alpha \quad \dots \langle B35-2 \rangle$$

(C) اعطى الدكتور تى. ل. توماس من كلية امبيريال بجامعة لندن الحل التالي للتقاطع الخلفي من ثلاث نقاط. فمن الشكل 17-2:

$$E_p = E_A + \frac{ZV}{(V^2 + W^2)} \quad N_p = N_A + \frac{ZW}{(V^2 + W^2)} \quad \tan(\log \overrightarrow{PA}) = \frac{V}{W}$$

حيث أن:

$$V = \Delta E_1 \cot \alpha - \Delta E_2 \cot(\alpha + \beta) + (N_C - N_B)$$

$$W = \Delta N_1 \cot \alpha - \Delta N_2 \cot(\alpha + \beta) + (E_s - E_C)$$

$$X = \Delta E_1 \Delta E_2 + \Delta N_1 \Delta N_2$$

$$Y = \Delta E_1 \Delta N_2 - \Delta N_1 \Delta E_2$$

$$Z = X \cot \alpha - X \cot(\alpha + \beta) + Y + Y \cot \alpha \cot(\alpha + \beta)$$

$$\Delta E_1 = E_s - E_A \quad \Delta E_2 = E_C - E_A \quad \Delta N_1 = N_s - N_A \quad \Delta N_2 = N_C - N_A$$

3-5-2 الحل شبه التخطي للتقاطع الخلفي والتقاطع

عند استخدام أكثر من ثلاث نقاط يمكن اتباع الحل شبه التخطي. وقد أصبحت هذه الطريقة مهمة بسرعة بسبب استخدام الكومبيوتر على نطاق عالمي تقريبا. لأن مبدأ التقاطع واضح في الشكل 19-2. ولما كان من غير الممكن رسم كامل الشعاع بمقياس كبير، ترسم المساحة التي هي حول نقطة التقاطع فقط. ولأجل تخبث اتجاه الشعاعات تدعو الحاجة إلى معرفة "نقطتي التقاطع المتراقتين" DOUBLE CUTTING POINTS E_1 و E_2 ثم N_1 و N_2 .

الطريقة

(1) اوجد إحداثيات وقتية PROVISIONAL لنقطة التقاطع عن طريق القياس من المخطط أو باستخدام شعاعين فقط في المعادلتين A33-2 و B3. فترسم هذه القيمة P في وسط الورقة البيانية GRAPH PAPER.

(6) في حالة التقاطع الفلطي ؛ يستخرج الاتجاه الزاوي ل (PA) مثلا ، باستخدام إحداثيات A والاحداثيات الوهمية ل-P. ويجمع الزوايا المرصودة للاتجاه الزاوي (PA) يستخرج بقية الاتجاهات الزاوية. من ثم تمكس هذه الاتجاهات الزاوية وتعامل الحسابات كما هي حالة التقاطع.

6-2 التثليث بقياس الاضلاع TRIULATION

لقد لقي التثليث بقياس الاضلاع - الذي يعتمد اساسا على المسافات الافقية المقاسة- قبولاً ، بسبب ظهور اجهزة قياس المسافة الالكترومغناطيسية (EDM) ، فالاشكال الهندسية المستخدمة هي مشابهة لتلك التي تتبع في اعمال التثليث بقياس الزوايا TRIANGULATION ، ولو انها ليست بنفس المستوي من الدقة ، ذلك بسبب السيطرة الاكبر على خطأ المقاييس ، وقد اعتبر - اصلاً - بأن التثليث بقياس الاضلاع سيبتقون على التثليث بقياس الزوايا كطريقة ضبط METHOD OF CONTROL وذلك بسبب عامل خطأ المقاييس ، ولكن النتائج التي تمخضت عنها ان المنظومة هي معرضة الى تراكم سريع لخطأ azimuth error وبذلك فإن العملية تحتاج الى منظومة مكشوفة من نقاط ضبط السمات.

لن حقيقة عدم الحاجة الى قياس زاوية افقية في اعمال التثليث بقياس الاضلاع سيظهرها اكثر سرعة ، ولذلك ولاول وهلة ، اكثر اقتصادية من التثليث بقياس الزوايا. مع ذلك فإن كثيراً من الامور تعتمد على طول الخط الذي الملائمة ومتطلبات درجة الضبط ACCURACY.

لن كافة اجهزة قياس المسافة الالكترومغناطيسية (EDM) تقيس المسافة المائلة ، وهي تحتاج لذن الى تحويل الى المسافة الافقية بمنسوب إرساد معين ، وهذا لا يتطلب قياس الطول المائل فقط وإنما يتطلب أيضاً قياس الاختلافات بالمنسوب ليقام الضبط وارتفاع الجهاز ، او قياس الزوايا الشاقولية.

تُعتبر اجهزة الـ (EDM) بموجب سرعة الموجات الالكترومغناطيسية تحت ظروف بيئية معينة. وهكذا يجب معرفة ظروف القياس الجيئية التطبيقية على امتداد مسار القياس لاجل تصحيح المسافة المقاسة ، وهذا ليس هو مفتزح عملي في الوقت الحاضر ، ويجب الاكتفاء بقياس درجة الحرارة والضغط عند كل من نهايتي الخط الذي يجري قياسه. وللمحول على افضل نتائج ممكنة تحت هذه الظروف ، يتطلب الامر استخدام محارير وبارومترات معينة باعتماد مغلقة من الجهاز بإعلى ما يمكن والتي يجب ان تقرأ بنفس وقت القياس لاجل تنفيذ هذا العمل الأخير فإن استخدام احد انواع اجهزة الاتصال الداخلي INTER-COMMUNICATION يكون ضرورياً.

كذلك فلتقياس الزوايا الشاقولية بنفس المتعضات، ولأجل الحصول على درجة ضبط المطلوبة، يدعو الأمر إلى استخدام أجهزة مزواة ذات دقة عالية وبفضل أن تكون ذات تأثير تلقائي AUTOMATIC INDEXING للدائرة الشاقولية، وكحالة نموذجية، تكون القراءات المتبادلة الآتية ضرورية، فلذا كانت الزوايا الشاقولية ممكنة فقط عند إحدئ نهايتي الخط، يجب تطبيق تصميمات التحديق والانكسار، كذلك، واستنادا إلى متطلبات الموقع ودرجة الضبط المطلوبة يمكن أن يكون ضروريا الأخذ بنظر الاعتبار تأثير "انحراف الشاقول" DEVIATION OF THE VERTICAL على الزوايا المقاسة.

يتضح إذن بأن التثبيت بقياس الاضلاع لا يمكن أن يكون فقط أقل اعتمادا من التثبيت بقياس الزوايا، وإنما عند الأخذ بمصادر الخطأ أعلاه بنظر الاعتبار (كرارناوسكي و ولسون 1967) يمكن أن يكون أقل ضبطا أيضا. فيظهر بأن هنالك دلائل متناقضة حول هذه النقطة (برك BURKE 1971)، مع أن (هودجز HODGES 1967) أخذت بشكل جازم بأن الزوايا المحتسبة من أعمال التثبيت بقياس الاضلاع هي ذات درجة ضبط مماثلة لتلك الزوايا المقاسة بمزواة. تقرا ثانية واحدة هي نفس شبكة الضبط.

إن السبب الآخر لعدم تمكن التثبيت بقياس الاضلاع من احتلال موقع التثبيت بقياس الزوايا هو التعميق الداخلي الرقيق الذي تنفع به أعمال التثبيت بقياس الزوايا. فمثلا يكون لمثلث - بزواياه الثلاث مقاسة - تمقيطا زاويا بينما بإضلاعه الثلاثة مقاسة، لا يكون له تمقيطا. كذلك فلتشكل الرباعي متقاطع الاضلاع أربعة شروط (ثلاث زوايا وضلع واحد) واجب تمقيطها بقياس الزوايا بينما هنالك شرط واحد فقط بقياس الاضلاع وهو أن الزاوية الكلية المحتسبة عند ركن واحد تساوي مجموع الزاويتين المحتسبتين المركبتين لها.

وهكذا يكون تصميم الشبكة مرجا خصوصا في أعمال التثبيت بقياس الاضلاع. وللحصول على معلومات إضافية كافية لتطبيق درجة الضبط تصبح الأشكال الهندسية معقدة جدا، فمثلا، للحصول على نفس المعلومات الإضافية للشكل الرباعي متقاطع الضلعين في أعمال التثبيت بقياس الزوايا، يجب استخدام شكل خماسي تقاس كامل أضلاعه الستة، هذا، وبالتأكيد قرن خبراء أعمال التثبيت بقياس الاضلاع قد اقترحوا استخدام الشكل السداسي المقاسة كافة أضلاعه (20 معطية 10 تحقيقات) باعتباره الشكل الأساسي للشبكة. مع ذلك: فمن الناحية العملية يكون لإنشاء الأشكال الخماسية والسداسية التي تكون فيها كافة المحطات متبادلة الزوايا صعب التحقيق في المقل، وهكذا فمنطقيا يتطلب التثبيت بقياس الاضلاع نفس المقدار من التنظيم الموجود في أعمال التثبيت بقياس الزوايا.

يمكن احتساب الشبكة بطريقة تفجير الاحداثيات كما سبق والتفجير اليه في الفصل الاول ، او يمكن لتتابع الطريقتين التاليتين الاقل صرامة:

(1) لمن اجسط طريقة هي باستفراج زوايا الشكل من الاطوال باستخدام معادلة نصف الزاوية:

$$\tan \frac{A}{2} = \left(\frac{s(s-a)}{(s-b)(s-c)} \right)^{\frac{1}{2}} \quad \dots <38-2>$$

حيث ان ($2s = (a+b+c)$)

ومن ثم تستخدم هذه الزوايا لاحتساب الاتجاهات الزاوية حول الشبكة ، وبهذه الطريقة ينتج مضما مغلقا ، ويعدل ليعطى الاحداثيات النهائية. كذلك ، يمكن ايجاد الاحداثيات مباشرة باستخدام المعادلات 2-34. ولذا اريد ربط المسوحات بالشبكة الوطني ، فهذا يتطلب تحويل الاطوال الى اطوال كروية واستخدامها كما هو مبين اعلاه لاستفراج الاحداثيات الوقتية PROVISIONAL. ومن ثم تستخدم هذه الاحداثيات الوقتية لاحتساب تصحيحات (T) - ومعامل المقياس (SF) - راجع الفقرات 2-11 و 2-14 و 2-15 - والتي ستطبق على الزوايا والاطوال بشكل متتال لاستفراج ما يعادلها في الشبكة. وان هذه القيم المستخدمة في المعادلات المباشرة 2-34 ستعطي الاحداثيات الشبكية للنقاط.

(2) يمكن لجراء ربط بين لحداثيات نقاط الضغط بدون استخدام الزوايا ، فلذا طلب ايجاد لحداثيات C وكانت لحداثيات A و B و اطوال الاضلاع e و d و c معلومة من المخطط:

$$E_e = \frac{1}{2}(E_A + E_B) + \frac{a^2 - b^2}{2c^2}(E_A - E_B) - \frac{2\Delta}{c^3}(N_A - N_B) \quad \dots <A39-2>$$

$$N_e = \frac{1}{2}(N_A + N_B) + \frac{a^2 - b^2}{2c^2}(N_A - N_B) + \frac{2\Delta}{c^3}(E_A - E_B) \quad \dots <B39-2>$$

حيث ان A و B و C هي بترتيب اتجاه عقرب الساعة ، كما وان مساحة المثلث تساوي:

$$\Delta = \{s(s-a)(s-b)(s-c)\}^{\frac{1}{2}}$$

فلذا اريد ربط المسوحات بالشبكة الوطني ، يجب ايجاد معامل المقياس من الاحداثيات الوقتية وتطبيقه على الاطوال الكروية لتعطي الاطوال الشبكية. ومن ثم تستخدم هذه الاطوال الاخيرة في المعادلة لتعطي الاحداثيات الشبكية.

لقد اعطى الدكتور تي. إل. توماس (1971) المعادلات الجديدة التالية لحسابات التنقيح بقياس الاضلاع :

$$\Delta E = E_B - E_A \quad \Delta N = N_B - N_A \quad c^2 = \Delta E^2 + \Delta N^2$$

$$p = \frac{\Delta E}{c} \quad q = \frac{\Delta N}{c} \quad k = \frac{(b^2 + c^2 - a^2)}{2c} \quad h = (b^2 - k^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$E_C = E_A + pk - qh \quad N_C = N_A + qk + ph \quad \text{ومن ثم:}$$

$$a^2 = (E_C - E_B)^2 + (N_C - N_B)^2$$

$$b^2 = (E_C - E_A)^2 + (N_C - N_A)^2$$

وقد افترض بالمعادلات اعلاه بان C هي الن يسار (B → A).

2-6-1- التمثيل بقياس الزوايا والاضلاع

Triangulation

فكما تشير اليه التسمية، فالتمثيل بقياس الزوايا والاضلاع هي عبارة عن تركيب عمليتي قياس الزوايا-TRIANGULATION وقياس الاضلاع-TRILATERATION للخروج بمنظومة ضبط تكون فيها كافة الزوايا والاضلاع مقاسة.

فمن ناحية درجة الضبط يجب ان تكون المنظومة قوية جدا بفضل حصولها على كافة ايجابيات المنظومتين المستخرجة منهما، فالتحسينات في تمثيلات الشكل الرباعي متقاطع القطرين والشكل الخماسي ذي النقطة المركزية مدرجة ادناه:

التمثيل بقياس الزوايا والاضلاع	التمثيل بقياس الزوايا	التمثيل بقياس الزوايا الرباعي
--------------------------------	-----------------------	-------------------------------

عددالاتجاهات	12	0	12
عدد الاضلاع	1	6	6
عدد التحقيقات	4	1	9

الشكل الخماسي

عددالاتجاهات	20	0	20
عدد الاضلاع	1	10	10
عدد التحقيقات	6	4	15

في الوقت الذي يمتد فيه بان التمثيل بقياس الزوايا والاضلاع هي اكثر ضبطا من المنظومتين انفتحتي الذكر، يجب التحقق من انها مركبة اقتصاديا، فبالتركيب سوف لن تكون مهارات هذه المنظومة مساوية الى مجموع المهارات في الطريقتين السالفتين، السبب الاول هو: بعد ان يتم نصب الجهاز في محطة الرصد وبعد تعيين الاهداف/الماكسات في المحطات المنوي رصدها، فلن المساح الماهر سيحصل على كافة المعلومات الحلقية الضرورية بجلب من الوقت والجهد الاضافي، وان استخدام "المحطات الكلية TOTAL STATIONS" الالكترونية يجعل المتطلع اكثر حبوسيا، وقد يجرر هذا المبالغ الابتذالية العالية التي ترصد لهذا الغرض، كذلك، سوف لن يكون هنالك تراكمات في خطأ القياس (SF) وخطأ السميت او قد تكون قليلة، وهكذا سيكون بالامكان استغلال الاشكال الرديئة وبذلك تقليل في الوقت المصروف في عملية الاستطلاع.

يجب ان يكون ممكنا ، خلال اعمال التخطيط الحثي تسبق اعمال المسح ، التوصل الى افضل حالة للمنظومة بحيث لا يكون من الضروري لإنشغال كافة محطات الشبكة ، وبذلك تطوير إضافي لحبوبيتها ، فتعديل هكذا شبكة تنوي كميات غير متشابهة لا يمثل معوقا إذا توفرت خدمات الكمبيوتر ، فباستخدام طريقة تغيير الاحداثيات يمكن تعديل كافة المعلومات للحصول على الاحداثيات المصغرة للشبكة زائدا تحليل كامل للخطا ووزن نهائي للمعلومات المعكبة.

فمن الواضح الان بان التخطيط بقياس الزوايا والاضلاع بفضل على استخدام التخطيط بقياس الزوايا والتخطيط بقياس الاضلاع ، وهكذا تظهر كأنها طريقة حديثة. مع ذلك فمن غير المحتمل ان تتفوق على التخطيط TRAVERSING او تحمل محله وذلك بسبب الفرق الجوهرى بين منظومتيهما وعامل الضبط والاعتماد ايضا .

7-2 . الضلع TRAVERSING

منذ دخول معدات قياس المسافة الالكترومغناطيسية (EDM) برزت اعمال التخطيط كأكثر الطرق شيوعا في إنشاء شبكات الضبط ، ليس فقط في اعمال المسح الهندسي وإنما ايضا في اعمال العلوم الارضية GEODETIC WORK. والتخطيط هو الطريقة الوحيدة المستخدمة للضبط في اعمال مسح المناجم تحت الارض ، بينما تعبر نفسها بشكل هام في الهندسة المدنية الى اعمال المساحة وضبط الابعاد في المشاريع ذات المسارات كإنشاء الطرق وخطوط الانابيب .

تكون شبكات التخطيط، التي حد كبير ، خالية من الممعدات المفروضة على المنظومات الاخرى وبالمقارنة معها ، كما ان لها المزايا التالية:

(A) تمتاج الى مقدار قليل جدا من الاستطلاع والتخطيط المطلوبين لإنشاء خط منعقد من محطات يسهل الوصول اليها ، بالمقارنة مع ما هو مطلوب عند إنشاء اشكال هندسية مكعبة الوضع .

(B) فيما يتعلق بـ (A) اعلاه ، فالتعديلات المفروضة على المنظومات الاخرى بسبب الظروف الطبوغرافية لا تسرى على التخطيط .

(C) إن حجم القراءات التي تؤخذ الى محطات فقط في ان واحد هو صغير نسبيا ، وهو من يختلف حسب الظروف المناخية المتغيرة بالمقارنة مع القراءات الزاوية و/ او الخطية التي تؤخذ من محطات المنظومات الاخرى ، ففي اذن اسهل تنظيمها .

(D) تكون شبكات التخطيط خالية من اعتبارات قوة الشكل القاسية بالتركيب المثلثية ، وفي ذلك تغلب بالمصطلحات التنظيمية مرة اخرى .

(E) لا يحدث خطأ المقياس كما في اعمال التخطيط ، بينما استخدام اضلاع اطول سهلة القياس باجهزة قياس المسافة الالكترونية يقلل اخطاء السمات الناجمة عن تغيير الاتجاه .

(F) يمكن اختيار محطات التضليع لاعتبارها بحيث يسهل الوصول إليها إضافة إلى إمكانية الاستفادة منها لتكثيف لاقع لأعمال ضبط بدرجة أو طاء.
(G) تسمح أعمال التضليع بالسيطرة على خطوط الطرق السريعة أو خطوط الانابيب أو الانفاق ... الخ عن قرب وبأقل عدد من المحطات.

لقد اثبت كرازانوسكى و كونيستى (1965) وادلر وسكومتر (1971) بأن التضليع يتفوق على التضليح بقياس الزوايا والتضليح بقياس الاضلاع وحتن في بعض الحالات ولكن التضليح بقياس الزوايا والاضلاع من حيث درجة الضبط ACCURACY. مع ذلك ، يجب القول بأن هذه الاستنتاجات هي من طرح فيلبس (1967).

يمكن الجدول لذن بأن التضليح هي افضل من غيرها. من الطرق من حيث درجة الضبط .

وهكذا بأخذ كافة النقاط المذكورة اعلاه بنظر الاعتبار يتضح منطقيا بأن التضليح هو افضل بكثير من كافة الطرق الاخرى ويعطى درجة ضبط مساوية لها في الاجل. راجع الجزء الاول/سكوفيلد- شعبان 1986 لتفاصيل أكثر حول التضليح.

TRIGONOMETRICAL LEVELLING

8-2 التسوية المثلثية

تستخدم التسوية المثلثية في المواقع الوحيدة التي لا تسمح باستخدام آلات التسوية التقليدية. فالطريقة هي معموماً أقل ضبطاً من التسوية التقليدية ، ولو أنها في الظروف الجوية المستقرة تعطي نتائج مقاربة للتسوية الدقيقة.

Single observations

1-8-2 القراءات المنفردة

يجب أن (الشكل 2-20) أس العمل بهذه الطريقة. فلذا عرفنا المسافة الكروية D بين A و B يمكن احتساب فرق الارتفاع بينهما باستخدام الزاوية الشاقولية المرصودة. فانكسار خط النظر في الجو في طريقه من A إلى B يؤدي بالمنظار للتوجه إلى E. وهكذا فزاوية الارتفاع الشاقولية المرصودة (مقاسة من الأفق) هي ϕ وزاوية الانكسار هي ϵ والزاوية الناتجة عن تعذب سطح الأرض هي α ، وبمعادلة المثلث (ABA') كمثلث مستوى قائم الزاوية (لقد تم حذف أوتار الأقواس من الشكل):

$$A'B = H = D \tan \phi \quad ; \quad \text{الفرق بالارتفاع بين A و B حيث أن}$$

$$\dots \langle A40-2 \rangle$$

$$\phi = \alpha + (\epsilon - f)$$

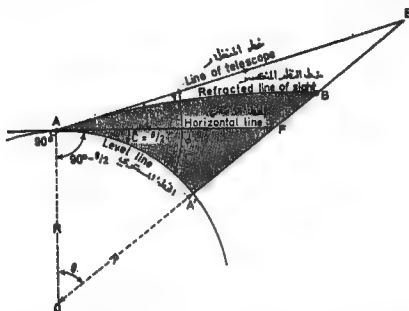
$$\therefore H = D \tan[\alpha + (\epsilon - f)]$$

$$\dots \langle B40-2 \rangle$$

لن المقدار $(c-r)$ هو التصحيح المركب عن التحدب والانكسار ويعبر عنه بالمقادير الزاوية المذكورة اعلاه،
أما عندما يعبر عنه خطيا - انظر الجزء الاول/سكوفيلد-
شمان 1986 ، فالمعادلة تصبح :

$$H = D \tan \alpha + (c-r)$$

...<C40-2>



شكل 2-20

وبنفس الطريقة ، عند أخذ زاوية الانحناء المقاسة من B إلى A كما في الشكل 2-21 وبتعامل المنطق (AB<B) كمنطق مستوي فاقم الزاوية:

$$= BA = H = D \tan \phi$$

الفرق بالارتفاع بين A و B ؛
حيث أن :

$$\phi = \beta - \epsilon + f = \beta - (\epsilon - f)$$

...<A41-2>

وبالتعبير عنه زاويا :

$$H = D \tan [\beta - (\epsilon - f)]$$

...<B41-2>

او بالتعبير عنه خطيا :

$$H = D \tan \beta - (c-r)$$

...<C41-2>

في التحليل السابق ، لم يؤخذ بنظر الاعتبار الفرق بالارتفاع بين الجهاز والاشارة SIGNAL ، فالتصحيح من هذا الاختلاف يتم المحصول عليه بسهولة كبيرة من خلال مرسوم بسيط كما في (الشكل 2-22).

h_T هو ارتفاع المزواة و h_B هو ارتفاع الاشارة.
لذن الفرق بالارتفاع (AB) يساوي :

$$AB = H - h_B + h_T = H - (h_B - h_T)$$

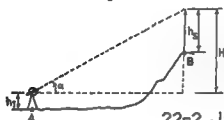
$$\therefore H = D \tan \alpha + (c-r) - (h_B - h_T)$$

...<A42-2>

وبنفس الطريقة عند القراءة من B إلى A (شكل 2-23) :



شكل 21-2



شكل 22-2



شكل 23-2

$$BA = H + h_s - h_r = H + (h_s - h_r)$$

$$\therefore H = D \tan \beta - (c - r) + (h_s - h_r)$$

الفرق بالارتفاع (BA) :

... <B42-2>

2-8-2 التسوية المتبادلة

Reciprocal trigonometrical levelling

إذا جرت القراءتان أعلاه من A إلى B ومن B إلى A في وقت واحد يطلق عليها اسم "التسوية المتبادلة المتبادلة". ويقتضى فيها حذف تأثير الانكسار. وهكذا فجميع المعادلتين A40-2 و A41-2 يندرج:

$$2\phi = (\alpha + \beta) \text{ and } H = D \tan \phi.$$

$$\therefore H = D \tan \left(\frac{\alpha + \beta}{2} \right)$$

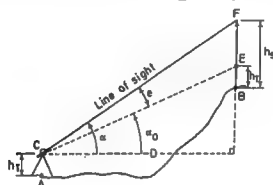
... <A43-2>

ويتم التصحيح عن الاختلاف بين ارتفاع المزواة والاشارة بأخذ متوسط القيم المتضمنة مع ملاحظة أن أحد التصحيحين هو $(-h_s - h_r)$ ، وهكذا :

$$H = D \tan\left(\frac{\alpha + \beta}{2}\right) + \frac{(h'_s - h'_T) - (h_s - h_T)}{2}$$

... <B43-2>

هنالك طريقة أخرى لحل موضوع الاختلاف بين ارتفاعي الجهاز والإشارة ، وهي بتعديل الزوايا المرصودة إلى القيم التي كان بالإمكان الحصول عليها لو كان الجهاز والإشارة بنفس الارتفاع. ومن (الشكل 2-24) ، وبقرض الحالة العامة التي تكون فيها الإشارة أعلى من المزواة يجب طرح التصحيح e من الزاوية المرصودة α لاعطاء الزاوية المعدلة α_0 ، وهذه القيمة تستخدم في المعادلة <A43-2> بدلا من α .



شكل 2-24

$$e = \left(\frac{h_s - h_T}{D} \right) \times 206265 \quad \text{وبقرض (CF} \approx \text{CE} \approx \text{DE) ، فلن : } \dots <44-2>$$

ومرسم مشابه لـ (الشكل 2-24) سيجب بأن التصحيح يضاف إلى زوايا الانخفاض β ليعطي β_0 ، وأخيرا ، في حالة كون كلتا الزاويتين α و β زاويتي انخفاض ، فلن المعادلة الأساسية ستمصح:

$$H = D \tan\left(\frac{\alpha - \beta}{2}\right) \dots <45-2>$$

3-8-2 التحدب والانكسار Curvature and refraction

في حالة القراءات المنفردة ، يجب ان تجري التصميمات عن التحدب والانكسار.

في الوقت الذي يتناسب فيه التحدب طرديا مع المسافة D ونصف قطر الكرة الأرضية R ، فلن الانكسار يتغير أساسا تبعا لدرجة الحرارة. وهكذا ، بالنسبة لمعظم النتائج الدقيقة يتم أخذ عدة موافق من القراءات المتبادلة في منطقة العمل لأجل الوصول إلى متوسط قيمة لمعامل الانكسار K والذي يمكن ان يستخدم فيما بعد لتعديل القراءات المنفردة.

K هو قياس لتحذب خط النظر ويساوي النسبة بين نصف قطر تحدب الكرة الأرضية R ونصف قطر انحناء خط النظر R_g .

وهكذا فلن $(K=R/R_0)$ ، فلذا كانت $(K=1)$ فلن $(R=R_0)$ ، ومن حيث الرصد، ستظهر الأرض كأنما هي مستوية، لأن معدل قيمة K هي 0.14 ولو يتم الحصول على قيم مختلفة تماما في ظروف غير اعتيادية كما هي الحالة في المناطق الجليدية، ومما يجب ملاحظته هو أن هنالك طريقة أخرى لإيجاد قيمة K والتي تعطى قيمة لـ K معدلها يساوي 0.07.

بجعل التصحيح بالمقادير الزاوية، ومن الشكل 2-20:

$$\epsilon = \theta/2 \quad \dots (46-2)$$

$$f = K\epsilon = K(\theta/2) \quad \dots (47-2)$$

من المعادلتين B40 و B41 وحيث أن H و D مشتركتان، فلن:

$$\alpha + (\theta - f) = \beta - (\theta - f) \quad \therefore 2f = \alpha - \beta + 2\theta$$

والتعويض عن \hat{c} من المعادلة 46-2 يعطى:

$$f = \frac{1}{2}(\theta + \alpha - \beta) \quad \dots (48-2)$$

عندما تكون كلتا الزاويتين α و β زاويتى إنخفاض:

$$f = \frac{1}{2}(\theta - \alpha - \beta)$$

ويعوض $(f = K(\theta/2))$ فى المعادلة 48-2 يعطى:

$$K = \frac{\theta + \alpha - \beta}{\theta} \quad \dots (49-2)$$

لاحظ جيدا؛ أول ما تصحح الزاويتان α و β فى المعادلتين 48-2 و 49 عن اختلاف ارتفاعى الجهاز والاشارة - انظر المثال المحلول (رقم 2-13) صحيفة 121.

والآن خذ التصحيح بالمقادير الخطية <شكل 2-20>:

$$c = FA' = D^2/2R \quad \dots (A50-2)$$

عندما تكون كافة الوحدات متماثلة، خذ $(R=6372\text{KM})$ واجعل D بالكيلومترات، فلن c بالامتار ستساوى:

$$c = \frac{1000D^2}{2 \times 6372} = 0.0785D^2 \text{ m} \quad \dots (B50-2)$$

$$= BE \approx D \hat{r} \quad \text{القيمة الخطية لـ } \hat{r} \text{ تساوى:}$$

$$\hat{r} = K(\theta/2) \quad \text{و لكن:} \quad \theta = D/R$$

$$\hat{r} = KD/2R$$

وهكذا:

لأن \hat{r} الخطية تساوى:

$$= BE = D\hat{r} = \frac{KD^2}{2R} \quad \dots (51-2)$$

وبتركيب التصحيحين:

$$(c - r) = \frac{D^2}{2R} - \frac{D^2K}{2R} = \frac{D^2}{2R}(1 - K) \quad \dots (52-2)$$

حيث تستخرج K من (المعادلة 2-49) . فلذا استخدمت
(K=0.14) فلن المعادلة تقترب من (D 0.0674) متر ، حيث
تكون D بالكيلومترات.

وهكذا تستخدم هذه القيم الزاوية و/أو الخطية لـ C
و r في المعادلات الملائمة للقراءات المنفردة.

أمثلة محلولة

مثال 2-8: كانت القيم الوسطية لزاويا مثلث A و B و C
كما فُتست في اعمال تثليث (بقياس الزوايا) مهمة كما
يلي وحسب الاوزان المبيحة ازاوها: (A=50°22'32.5") بوزن 5
و (B=65°40'47.5") بوزن 3 و (C=63°56'46.5") بوزن 6.
وكان طول الضلع (BC) 37.5 كم ونصف قطر الكرة الارضية
6267 كم.
اوجد (A) الزيادة الكروية (B) القيم المحتملة
للزيادة الكروية (جامعة لندن)

الحل

$$E'' = \frac{ab \sin C \times 206265}{R^2} \quad ; \quad (A) \text{ الزيادة الكروية } E''$$

$$b = a \sin B / \sin A \quad \text{ومن قانون الجيوب}$$

$$\therefore E'' = \frac{a^2 \sin B \sin C}{2R^2 \sin A} \times 206265 = 3.9''$$

(B) يجب ان يكون مجموع الزوايا الكروية المعدلة
(E''+180°) اي (180°00'03.9°).

الزاوية	الزاوية	التصحيح	مقلوب الاوزان متوسط القيمة	الزاوية
صححة				
A	50 22 32.5	$\frac{-2.6 \times 6}{21} = -0.7''$	5 $\frac{1}{3} \times 30 = 6$	50 22 31.8
B	65 40 47.5	$\frac{-2.6 \times 10}{21} = -1.3''$	3 $\frac{1}{3} \times 30 = 10$	65 40 46.2
C	63 56 46.5	$\frac{-2.6 \times 5}{21} = -0.6''$	6 $\frac{1}{3} \times 30 =$	63 56 45.9
المجموع	180 00 06.5	المجموع = -2.6''	المجموع = 21	180 00 03.9
	03.9			

لذن التصحيح يساوي (2.6'') (-)

الزوايا التصحيح الفرق شرط القطع الب شرط القطع الب
النهاية لوغاريثم رقم لوغاريثم رقم
الجيب الجيب
(فرديّة) (زوجيّة)

1	1.649 915 6	2	1.553 532 9	42	-1	26 31 31.5
3	1.759 519 0			55	1	20 57 36.5
		4	1.705 186 3	32	-1	35 05 09.5
5	1.656 989 0			36	1	30 28 43.5
		6	1.807 680 7	41	-1	26 59 38.5
				25	1	39 57 20.5
	1.066 423 6		1.066 399 9	231		

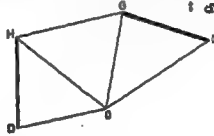
DIFF

الفرق = 237

ولكن (237/231) من 1° تساوى تقريبا 1°

لأن الزوايا المركزية هي كما مبيّنة في نهاية التصحيح الثاني، والزوايا النهائية يمكن تقريبها الآن إلى اقرب ثانية.

مثال 2-10: قيس كافة زوايا الشبكة في شبكة تثبيت بقياس الزوايا المبيّنة في الشكل 2-25. كما قيس الضلعان (DH) و (GC) كخط قاعدة وخط قاعدة متطابقي على التوالي وكما يلي:



شكل 2-25

ΔDHO	ΔHGO	ΔGCO
$\hat{D} = 79 \ 47 \ 05$	$\hat{H} = 77 \ 28 \ 58$	$\hat{G} = 82 \ 22 \ 17$
$\hat{H} = 38 \ 32 \ 35$	$\hat{O} = 36 \ 02 \ 38$	$\hat{C} = 71 \ 29 \ 47$
$\hat{O} = 41 \ 40 \ 05$	$\hat{O} = 66 \ 28 \ 48$	$\hat{O} = 26 \ 08 \ 17$
$DH = 426.58 \text{ m}$		$GC = 486.83 \text{ m}$

عدل الزوايا المرسودة بطريقة "الازاحات المتساوية" لاعطاء شكل متناسق.

(جمعية المهندسين المدنيين البريطانية)

الحل

المطلوب في هذا السؤال هو تعديل الشكل بحيث أن "القيمة الممتسبة" لخط القاعدة الحقيقي تساوى

القيمة المقاسة * لـ.

اول خطوة، عدل كل مثلث ، فجمع زوايا كل مثلث بعطى:
 $DHO=179^{\circ}49'45''$ $HGO=180^{\circ}00'24''$ $GCO=180^{\circ}00'21''$

وهكذا هنالك تصحيح لكل زاوية مقداره 5° و 8° و (-7°)
 لكل مثلث على التوالي. والزوايا المصححة هي الآن كالآتي

ΔDHO , ,	ΔHGO , ,	ΔGCO , ,
$\hat{D}=79\ 47\ 10$	$\hat{H}=77\ 28\ 50$	$\hat{G}=82\ 22\ 10$
$\hat{H}=58\ 32\ 40$	$\hat{G}=36\ 02\ 30$	$\hat{C}=71\ 29\ 40$
$\hat{O}=41\ 40\ 10$	$\hat{O}=66\ 28\ 40$	$\hat{O}=26\ 08\ 10$

بواسطة قانون الجيوب (الشكل 2-25) تكون القيمة
 المحسبة لـ (GC):

$$GC = \frac{HD \sin HDO \sin GHO \sin GOC}{\sin HOD \sin OGH \sin OCG}$$

الفرق لـ 10°	الفرق لـ 10°	بأخذ اللوغاريتمات	الفرق لـ 10°
		log 426.58 = 2.630 001	
		log sin 79° 47' 10" = 1.993 063°	3.7
		log sin 77° 28' 50" = 1.989 548	4.7
		log sin 26° 08' 10" = 1.643 951	42.8
		Σ = 2.256 563	
			</

لذن لوغاريتم (GC):

$$\therefore \log GC = 2.687\ 255 = 486.69\ m \quad (\text{computed})$$

$$\log GC = 2.687\ 378 = 486.83\ m \quad (\text{measured})$$

$$\text{Difference} = 0.000\ 123$$

الفرق يساوي:

ويجب تعديل هذا الفرق بين الزوايا الست المستخدمة هي
 الحسابات بحيث أن القيمة المحسبة النهائية للوغاريتم
 (GC) تساوي قيمته المقاسة.

مجموع الفروقات لـ (10°) تساوي (111.1) . لذن مقدار
 التصحيح لكل زاوية : $= (123/111) \times 10^{\circ} = 11^{\circ}$

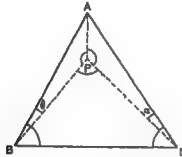
وبحسب أن قيمة لوغاريتم (GC) النهائية المحسبة
 تتطلب زيادة، فإن تمحيم حسابات اللوغاريتم بحسب
 يمكن تعديل الزوايا (HDO) و (GHO) و (GOC) بإضافة 11°
 إلى كل منها، بينما تعدل الزوايا (HOD) و (OGH) و (OCG)
 بطرح 11° من كل منها. أما الزوايا الثلاث غير الداخلة
 في الحسابات فتبقى كما هي في التصحيح الأول.

مثال 2-11: في المثلث (ABC)، (AB) يساوي 5205.0 و (AC)
 يساوي 5113.8 ، والزوايا B و C تساويان $(55^{\circ}01'05'')$

و($62^{\circ}04'20''$) على التوالي، وحيث لم يكن بالإمكان التواجد في محطة A فقد أخذت القراءات من محطة تابعة SATELLITE (P) تبعد 11.1 م من A وفي داخل المثلث وكانت قراءات الجهاز في P : ($A=0^{\circ}00'00''$) و ($C=148^{\circ}28'40''$) و ($B=211^{\circ}31'10''$)، أوجد الخطأ الزاوي في المثلث، (جامعة لندن)

الحل

لما كانت المزاوية تقبى باتجاه عقرب الساعة فلن القراءات في P تقيد في تثبيت المواقع النسبية لـ A و B و C <شكل 26-2> بالإضافة إلى إعطاء القيم الزاوية التالية: ($APC=148^{\circ}28'40''$) و ($CPB = 63^{\circ}02'30''$) و ($BPA=148^{\circ}28'50''$) .



شكل 26-2

بواسطة قانون الجيوب للمثلث (APC) :

$$\alpha' = \frac{AP \sin \angle PC}{AC} \times 206265 = \frac{11.1 \sin 148^{\circ}28'40''}{5113.8} \times 206265$$

$$= 234'' = 0^{\circ}03'54''$$

وبنفس الطريقة للمثلث (APB) :

$$\theta' = \frac{AP \sin \angle PB}{AB} \times 206265 = \frac{11.1 \sin 148^{\circ}28'50''}{5205.0} \times 206265$$

$$= 230'' = 0^{\circ}03'50''$$

$$\therefore \quad \angle \hat{A}B = \angle CPB - \alpha' - \theta'$$

$$= 63^{\circ}02'30'' - 03'54'' - 03'50'' = 62^{\circ}54'46''$$

$$\text{إذن الخطأ الزاوي يساوي:}$$

$$= 180^{\circ} - (\hat{A} + \hat{B} + \hat{C})$$

$$= 180^{\circ} - (62^{\circ}54'46'' + 55^{\circ}01'05'' + 62^{\circ}04'20'') = +11''$$

مثال 2-12: (A) عرف معامل الانكسار K ، وبين كيف يمكن الحصول عليه من قراءات التسوية المثلثية الآتية المتبادلة.

(B) محطتا تخطيط (مقياس الزوايا) A و B المسافة بينهما 2856.85 م. وقد أعطت الرصدة من A إلى B زاوية شاقولية متوسط قيمتها يساوي ($+01^{\circ}35'38''$) ، وكان ارتفاع الجهاز 1.41 م وارتفاع الهدف 2.32 م. فإذا كان منسوب المحطة A ، 156.86 م فوق مستوي الاسناد المساحي وكانت قيمة K للموقع 0.16، أوجد منسوب B. (نصف قطر الكرة الأرضية يساوي 6372 كم) (بوليتكنيك كنكزتون)

(A) راجع <الفترة 2-8-3>.
(B) سوف تتم الاجابة على هذا الجزء باستخدام كلا المثلين
الزاوي والخطي.

الطريقة الزاوية

الفرق بالارتفاع في (AB) يساوي:
حيث أن $(\delta = \theta/2)$ و

$$H = D \tan[\alpha + (\delta - \rho)]$$

$$\theta = \frac{D}{R} = \frac{2856.85}{6372000} = 0.000448 \text{ rad}$$

$$\therefore \delta = 0.000224 \text{ rad}$$

$$\rho = K(\theta/2) = 0.16 \times 0.000224 = 0.000036 \text{ rad}$$

$$\therefore (\delta - \rho) = 0.000188 \text{ rad} = 0^\circ 00' 38.8''$$

$$\therefore H = 2856.85 \tan(01^\circ 35' 38'' + 0^\circ 00' 38.8'') = 80.03 \text{ m}$$

ومن <الشكل 2-22>، منسوب B يساوي:

$$= (A_{\text{منسوب}}) + h_T + H - h_B$$

$$= 156.86 + 1.41 + 80.03 - 2.32$$

$$= 235.89 \text{ M.}$$

الطريقة الخطية

$$H = D \tan \alpha + (c - r)$$

$$(c - r) = \left(\frac{D^2}{2R}\right)(1 - K) = \frac{2856.85^2}{2 \times 6372000} \times 0.84 = 0.54 \text{ m}$$

$$D \tan \alpha = 2856.85 \tan(01^\circ 35' 38'') = 79.49 \text{ m}$$

$$\therefore H = 79.49 + 0.54 = 80.03 \text{ m}$$

مثال 2-13: المحطتان A و B المسافة بينهما 1713 م، وقد سجلت الارتفاعات التالية: ارتفاع الجهاز في A يساوي 1.392 م وفي B يساوي 1.464 م وارتفاع الإشارة في A يساوي 2.199 م وفي B يساوي 2 م، وزاوية الارتفاع إلى الإشارة التي في B تساوي $(1^\circ 08' 08'')$ وزاوية الانحناء إلى الإشارة التي في A تساوي $(1^\circ 06' 15'')$ ، فإذا كانت 1° في مركز الكرة الأرضية تقابل 30.393 م على سطح الأرض، اوجد الفرق بالمتسوب بين A و B وتصبح الانكسار. (جامعة لندن)

$$H = D \tan\left(\frac{\alpha + \beta}{2}\right) + \frac{(h_B - h_T) - (h_A - h_T)}{2} \quad \text{من <المعادلة 2-43>}$$

حيث أن h_T هو ارتفاع الجهاز في A و h_B ارتفاع الإشارة في B و h_A هو ارتفاع الجهاز في B و h_B ارتفاع الإشارة في A

$$\therefore H = 1713 \tan \left(\frac{(1^\circ 08' 08'') + (1^\circ 06' 15'')}{2} \right) + \frac{(2.199 - 1.464) - (2.000 - 1.392)}{2}$$

$$= 33.490 + 0.064 = 33.55 \text{ m}$$

وباستخدام الطريقة الجدلية (المعادلة 2-44):

تصبح زاوية الارتفاع (θ°):

$$\theta^\circ = \frac{1.392 - 2.000}{1713.0} \times 206265 = -73.2^\circ$$

$$\therefore \alpha = (1^\circ 08' 08'') - (01^\circ 13.2'') = 1^\circ 06' 54.8''$$

تصبح زاوية الانخفاض (θ°):

$$\theta^\circ = \frac{(2.199 - 1.464)}{1713.0} \times 206265 = 88.5^\circ$$

$$\therefore \beta = (1^\circ 06' 15'') + (01^\circ 28.5'') = 1^\circ 07' 43.5''$$

$$\therefore H = 1713 \tan \left(\frac{1^\circ 06' 54.8'' + 1^\circ 07' 43.5''}{2} \right) = 33.55 \text{ m}$$

$$f = \frac{1}{2}(\theta + \alpha - \beta)$$

تصبح الانكسار (\hat{r}):

$$\theta^\circ = 1713.0/30.393 = 56.4^\circ$$

$$\therefore f = \frac{1}{2}(56.4^\circ + (1^\circ 06' 54.8'') - (1^\circ 07' 43.5'')) = 3.8^\circ$$

هيك أن:

$$K = \frac{f}{\theta/2} = \frac{3.8^\circ}{28.2^\circ} = 0.14$$

وكذلك:

مثال 2-14: النقطتان A و B ، المسافة بينهما 8 كم وعلين ارتفاعين 102.50 م و 286.50 م علين التوالي فوق مستوي الاسناد ، وارتفاع الهدف في A هو 1.50 م وفي B هو 3.00 م بينما ارتفاع الجهاز في كلا الموقعين هو 1.50 م. فلذا كانت 1° من القوس منذ مركز الكرة الارضية تقابل 31 م علن سطح الارض وتأثير الانكسار يساوي (1/7) تأثير التمديد، توضع الزوايا المرصودة من A الـ B ومن B الـ A.

الحل

بالرجوع الى (الشكل 2-20)، المطلوب هو ايجاد الزاوية المرصودة θ عندما تعطى قيمة θ .

الفرق بالارتفاع بين A و B:

$$= H = 286.50 - 102.50 = 184.00 \text{ m}$$

بواسطة الزوايا القطرية:

$$= \frac{184}{8000} \times 206265 = 4744'' = 1^\circ 19' 04''$$

الزاوية المقابلة في مركز الكرة الارضية:

$$\theta^\circ = \frac{8000}{31} = 258^\circ$$

لذن تصبح التحدب ($\delta = \theta/2 = 129^\circ$) والانكسار ($f = \delta/7 = 18^\circ$).

$$H = D \tan \phi$$

والان :

حيث :

$$\phi = \alpha + (\ell - f)$$

$$\therefore \alpha = \phi - (\ell - f) = 4744'' - (129'' - 18'') = 4633'' = 1^{\circ} 17' 13''$$

كذلك من <المعادلة 2-41> :

$$\phi = \beta - (\ell - f)$$

$$\therefore \beta = \phi + (\ell - f) = 4855'' = 1^{\circ} 20' 55''$$

ويجب تصحيح الزاوية المرصودة عن الاختلاف في ارتفاع الجهاز والاشارة، عادة بطرح التصحيح من الزاوية المرصودة ليعطي الزاوية المتبادلة الحقيقية، وفي هذا المثال، بهي الزاوية المتبادلة الحقيقية، وهكذا فالتصحيح يجب ان يجمع في هذه الحالة المعكوسة.

$$e'' = [(h_s - h_r)/D] \times 206265 = [(3.00 - 1.50)/8000] \times 206265 = 39''$$

$$\therefore \alpha = 4633'' + 39'' = 4672'' = 1^{\circ} 17' 52''$$

مثال 2-15: تم تثبيت قاعدة ماكينة RIG لاستخراج الطاق فوق قاع البحر على بعد 48 كم من كل من محطتي مسح على الساحل المسافة بينهما بضعة كيلومترات، ولأجل تحديد الموقع المضبوط للقاعدة يجب إقامة منار عليها بحيث يكون مركبا من المزاوتين المنصوبتين في المحطتين الساحليتين وعلى ارتفاع 36 م من اعلى مستوي للماء.

بإهمال تأثيرات الانكسار وخطري ان اقل مسافة بين خط النظر والماء الساكن هي 3 م في حالة المد، احسب اقل ارتفاع للمنار فوق علامة اعلى مستوي للماء عند القاعدة الماكينة، لثبت اية معادلة تقوم باستخدامها.

احسب زاوية الارتفاع التي ستقاس بالمزاوة عند رصد هذا المنار، مع اخذ عامل الانكسار بنظر الاعتبار وخطري ان الخطأ بسبب الانكسار هو سبع الخطأ بسبب تعذب الارض، علما بان متوسط قيمة نصف قطر الكرة الارضية 6273 كم. (جمعية المهندسين المدنيين البريطانية)

الحل

من <الشكل 2-27> :

من <المعادلة 2-A50> للبرهان انظر الجزء الاول/سكوفيلد - شمان 1986 صفحة 24] :

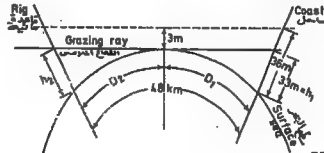
$$D_1 = (2h_1 R)^{\frac{1}{2}}$$

$$D_1 = (2 \times 33 \times 6273000)^{\frac{1}{2}} = 20.35 \text{ km}$$

$$D_2 = 48 - D_1 = 27.65 \text{ km}$$

$$D_3 = (2h_2 R)^{\frac{1}{2}}$$

$$h_2 = 61 \text{ m}$$

لذن ولما كانت D_2 :

شكل 2-27

$$CA_1 = \Delta N_1 = 5085.38 - 3800 = 1285.38 \text{ m}$$

$$DA_2 = \Delta N_1 = 1485.38 \text{ m}$$

$$AC = \Delta N_1 \tan \theta = 1285.38 \tan 05^\circ 20' 20'' = 120.12 \text{ m} = \Delta E_{A_1}$$

$$AD = \Delta N_1 \tan \theta = 138.812 \text{ m} = \Delta E_{A_2}$$

إذن نقطتي التقاطع المتراقتين A_1 و A_2 :

$$A_1 = E_A + \Delta E_{A_1} = 3500.05 + 120.12 = E 3620.17 \text{ m}$$

$$A_2 = E_A + \Delta E_{A_2} = 3500.05 + 138.81 = E 3638.86 \text{ m}$$

ونفس الشيء بالنسبة لـ B :

$$FB_1 = \Delta E_{B_1} = 3600 - 1054.60 = 2545.40 \text{ m}$$

$$GB_2 = \Delta E_{B_2} = 2745.34 \text{ m}$$

$$\therefore BF = \Delta E_{B_1} \cot \phi = 2545.34 \cot 84^\circ 10' 30'' = 259.668 \text{ m} = \Delta N_{B_1}$$

$$BG = \Delta E_{B_2} \cot \phi = 280.071 \text{ m} = \Delta N_{B_2}$$

نقطتا التقاطع المتراقتين B_1 و B_2 :

$$B_1 = N_B + \Delta N_{B_1} = 2980.08 + 259.668 = N 3239.75 \text{ m}$$

$$B_2 = N_B + \Delta N_{B_2} = N 3260.15 \text{ m}$$

لمازین

5-2 يولف الشكل الخماسي (ABCDEA) بنقطته المركزية O جزءاً من مشروع تنطيط (بقياس الزوايا). وقد تم تعديل الزوايا في كل الاشكال التي تولف الشبكة بكاملها. وفي هذه الحالة فقد تم تعديل الزوايا في كل من المثلثين (DOE) و (EOA) وهي لـ إذن لا تحتاج الى تصحيح آخر.

وبالاستفادة من المعلومات الواردة بالجدول ادناه، استخدم طريقة "الازاحات المتساوية" EQUAL SHIFTS لتعيين التصحيح الواجب تطبيقه على كل من الزوايا الباقية.

المثلث	الزاوية	القيمة المرصودة ° ' "	لوغاريثم الجيب	فرق لو الجيب 1"
AOB	OAB	40 17 57	[.810 735 7	25
	OBA	64 11 20	[.954 335 6	10
	AOB	75 30 52		
BOC	OBC	37 22 27	[.783 201 4	28
	OCB	71 10 50	[.976 139 0	7
	BOC	71 26 22		
COB	OCB	24 51 25	[.623 615 4	46
	ODC	51 48 47	[.895 421 4	17
	COD	103 19 33		
الزوايا المعدلة				
DOE	ODE	67 18 39	[.965 036 2	
	ODE	51 02 00	[.890 707 1	
	DOE	61 39 01		
EOA	EOA	116 47 40	[.950 671 4	
	OAE	15 08 02	[.416 766 2	
	EOA	48 04 18		

(جمعية المهندسين المدنيين البريطانية)
 [الجواب: تصديحات الزوايا هي: ($\angle OAB = 4.8^\circ$) و ($\angle OBA = -5.8^\circ$) و ($\angle AOB = -8.0^\circ$) و ($\angle OBC = 14.8^\circ$) و ($\angle OCB = 4.2^\circ$) و ($\angle BOC = 2.0^\circ$) و ($\angle COD = 0^\circ$) و ($\angle ODC = 2.2^\circ$) و ($\angle OCD = 12.8^\circ$)]

2-6 المطلوب إنشاء جسر عبر نهر حيثما يكون عرضه 1.5 كم وقد شيدت محطة مسح على كل من ضفتي النهر لأجل تعيين خط وسط الجسر.

باستبعاد استخدام الأجهزة الإلكترونية، بين كيف يمكن إيجاد المسافة بين هاتين المحطتين بدرجة عالية من الضبط، أجمال الحسابات الداخلة في الحل واذكر المعادلات ذات العلاقة في كل مرة.
 [جمعية المهندسين المدنيين البريطانية]
 [الجواب: التثليث بقياس الأضلاع، الشكل الرباعي متقابل القطرين، خط القاعدة، تعديل الشكل.]

2-7 لأجل توضيح كيفية تعديل أعمال تثليث بقياس الزوايا بطريقة الإزاحات المتساوية، خذ شكلاً يتألف من المثلث (ABC) بنقطة مركزية (D) داخلية، وقد فرضت بداخله الزوايا الخيالية التالية كأنها "زوايا مرمودة":
 ($\angle ADB = \angle BDC = \angle CDA = 120^\circ 00'$) و ($\angle BAD = \angle ABD = \angle CBD = \angle BCD = \angle ACD = 30^\circ 00'$) و ($\angle CAD = 33^\circ 00'$).

فمع أن الخطأ في المثلث (ADC) هو كجبر بحيث يظهر بأن هناك غلطة كبيرة قد وقعت، عدل زوايا التثليث (التي اقرب دقة) لينعطي شكلاً متناسقاً. ما هي المعادلات الشرطية الخمس التي يجب أن تخضع لها الزوايا المرمودة؟
 [جمعية المهندسين المدنيين البريطانية]
 [الجواب: ($\angle ABD = \angle BCD$) و ($\angle ACD = 29^\circ 21'$) و ($\angle BAD = \angle CBD = 30^\circ 21'$) و ($\angle CDA = 119^\circ 20'$) و ($\angle ADB = \angle BDC = 120^\circ 20'$) و ($\angle CAD = 31^\circ 19'$)]

2-8 ترجع التفاصيل أدناه إلى قراءات أخذت في المحطة التابعة لتعيين الزاوية في محطة التي لا يمكن الوصول إليها الواقعة في المثلث (ABC). احسب الزاوية (BAC).

الطول (OA) يساوي 9.435 م والاتجاه الزاوي للضلع (OA) يساوي $0^\circ 00' 00''$ والطول (AB) يساوي 2925 م والاتجاه الزاوي للضلع (OB) يساوي $78^\circ 46' 00''$ والطول (AC) يساوي 3426 م والاتجاه الزاوي للضلع (OC) يساوي $100^\circ 12' 00''$ و ($\log \sin(1^\circ) = 6.685\ 575$).

(جمعية المهندسين المدنيين البريطانية)
 [الجواب: زاوية (BAC) تساوي ($21^\circ 24' 26''$)]

لاحظ جيداً: بأن ($1/\sin 1^\circ = 206\ 265$) حيث أن المؤلف قد تجنب استخدام ($\sin 1^\circ$) وحول الزوايا القطرية التي شأان ستينية باستخدام الرقم 206 265 الذي يمثل عدد الثواني في الزاوية القطرية الواحدة.

2-9 وضع الفرق بين تقنيات التسوية المتبادلة والتسوية المثلثية المتبادلة ، وناقش الظروف التي تستخدم فيها أي منهما بكفاءة شكل.

المسافة الأفقية بين المحطتين P و Q هي 5951.30 متر وقد سددت مزاوة في P إلى منار قريب من المحطة Q. بنسب الوقت الذي تم فيه تسديد مزاوة في Q إلى منار قريب من المحطة P، وقد تم الحصول على القياسات التالية؛ زاوية الارتفاع المسجلة في P تساوي $01^{\circ} 19' 38''$ وزاوية الانخفاض المسجلة في Q تساوي $01^{\circ} 21' 01''$ وارتفاع المنار في P يساوي 2.85 م وارتفاع المنار في Q يساوي 2.36 م وارتفاع الجهاز في P يساوي 1.36 م وفي Q يساوي 1.47 م.

اوجد الفرق بالمنسوب بين المحطتين ومعامل الانكسار الجوي. افرض بأن نصف قطر الكرة الأرضية يساوي $(6.37 \times 10^6 \text{ م})$. (الاجاب: 139.18 متر و 0.14)

2-10 كانت المسافة بين النقطتين A و B 6336 م وكانت B أعلى من A بمقدار 150 م. اوجد الزوايا المرمودة من A ومن B بجهاز مزاوة. مع فرض أن ارتفاعي الجهاز والإشارة متساويين وتأثير الانكسار هو $(1/7)$ تأثير التمدد، خذ نصف قطر الكرة الأرضية كـ 6336 كم. (جامعة لندن) (الاجاب: $(A=1^{\circ} 19' 54'')$ و $(B=1^{\circ} 22' 50'')$.)

2-9 السطح الكروي THE SPHEROID

مثلما تنمو المشاريع حجما وتعقيدا ، كذلك يجب أن تكون عملية المسح المرتبطة بالسيطرة على هذه المشاريع. وهذا واضح في مسوحات الطرق الخارجية السريعة الطويلة. مع ذلك، فمثلما يزيد مقاييس هذه المسوحات كذلك يكون تأثير تحدب الأرض، حيث أن المشاريع الكبيرة تتطلب استخدام لإحداثيات وإسقاطات كروية.

2-9-1 السطح الكروي للاسناد The spheroid of reference

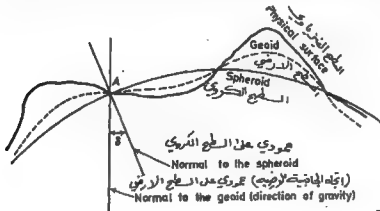
لاجل احتساب المسوحات لإحداثيات كروية ، أي بخط عرض (ϕ) LATITUDE وخط طول (λ) LONGITUDE ، يجب إرساد الإحداثيات السن شكل هندسي مطلق معلوم بمسح "السطح الكروي للاسناد SPHEROID OF REFERENCE"، وفي هذا المصدد يمكن اعتبار أن للكرة الأرضية ثلاثة سطوح :

(A) السطح الفيزيائي PHYSICAL SURFACE؛ هذا هو سطح الأرض الحقيقي الذي بالرغم من كونه حقيقة فيزيائية فهو غير محدد رياضيا. ولهذا السبب لا يمكن استخدامه كإسناد يعتمد عليه في تعيين المواقع.

(B) السطح الأرضي GEOID؛ تصور سلطة من القنوات المتصلة ببعضها خارقة للقارات والتي تسمح بدخول مياه البحر

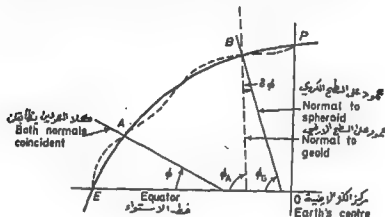
فيها. فبسريان المياه بحرية تمت تأثير الجاذبية الأرضية. وبإهمال تأثيرات المد والجزر سيكون سطحاً متساوي الجهد EQUIPOTENTIAL قريباً من شكل الكرة الأرضية يدعى "السطح الأرضي" الذي يعني (حسب شكل الأرض) وهذا السطح هو عمودي على اتجاه الجاذبية الأرضية في كل نقطة منه ، ولكن بسبب تغيرات الكتلة داخل الكرة الأرضية فإنه يكون شكلاً غير منتظم ويحتاج إلى عدد غير محدود من المعاليم لتعريفه رياضياً. هذا يعني بأن متوسط سطح البحر أيضاً لا يمكن استخدامه كأساس لتحديد الموقع. ومن الجدير بالملاحظة بأن أعمال التسوية وأعمال الأرمادالكلية ترتبط باتجاه الجاذبية الأرضية بواسطة قطاعات أطباق PLATE BUBLES الأجهزة المستخدمة ، ولذلك فهي تنسب إلى السطح الأرضي GEOID. (C) السطح الكروي للاسناد THE SPHEROID OF REFERENCE ولو كان شكل الكرة الأرضية أكثر كروياً لكان الشكل الرياضي المثالي الذي يعتمد عليه في تعيين مواقع النقاط المتباعدة جداً هو الكرة. لكن الأرماد الأرضية لشكل الأرض قد أظهرت بأن نصف قطرها إلى القطب هو أصغر من نصف القطر إلى خط الاستواء بحدود العشرين كيلومتر. وهكذا ، فالبسط شكل يمكن تعريفه رياضياً والذي يناسب شكل الأرض هو الشكل الناتج عن تدوير قطع ناقص (أهليج) ELLIPSE حول محوره الأصغر MINOR-AXIS ، وعندئذ يسمي الشكل الكروي المقروط OBLATE SPHEROID ، وعند استخدام هذا الشكل في تعيين الموقع فإنه يدعى "السطح الكروي للاسناد" .

يجب أن (الشكل 2-29) العلاقة بين السطوح الثلاثة من خلال مقطع صغير لسطح الكرة الأرضية ، حيث يوضح الشكل الخط العمود على كل من السطح الكروي والسطح الأرضي في نقطة A. وقد سميت الزاوية بين هذين الاتجاهين بـ "زاوية انحراف الشاقول" DEVIATION OF THE VERTICAL وهي قياس لمقدار اختلاف تطابق هذين السطحين، فلو كانت $(\delta = 0)$ لكان السطحان المذكوران متوازيين ، وبقرى أن السطحين غير متطابقين فإنه يجب أن يتطابقا. وهكذا فإن أفضل سطح كروي يستخدم في أي بلد هو السطح الذي يعطي أصغر قيم للانحراف عن الشاقول على امتداد ذلك البلد.



شكل 2-29

إن من مهام المساح الأرضي أن يجد أصلح سطح كروي للأسناد لأي بلد. وبوضع الطريقة بأبسط صيغها يمكن أن ندرج كالتالي: يوضح (الشكل 2-30) مقطعاً بمر بخصم الزوال للسطح الأرضي وللسطح الكروي (وقد جولغ هنا بشكل السطح الأرضي)، حيث أن الزاوية التي بصنعها العمود على السطح الأرضي مع خط الاستواء هي خط العرض الفلكي (ϕ_A) ASTRONOMICAL LATITUDE في المستوى الزواحي (POE) MERIDIONAL PLANE. كذلك فخط العرض الأرضي GEODETIC أو الكروي SPHEROID (ϕ_g) يتكون من العمود على السطح الكروي. وينفس الطريقة يتم التمييز بين خطوط الطول الفلكية ASTRONOMICAL LONGITUDE (λ_A) والأرضية GEODETIC (λ_g) . وهكذا ستختلف الاحداثيات الفلكية لنقطة ما من الاحداثيات الأرضية أو الكروية بمقدار مركبتين إنحرافها عن الشاقول بمستوييهما ذي العلاقة، فمثلاً $(\phi_A - \phi_g = \delta\phi)$ بينما في حالة خطوط الطول يكون الانحراف $(\delta\lambda \cos \phi)$



شكل 30-2

المطلوب هو إيجاد أفضل الأشكال الكروية ملائمة بين A و B، ولتحقيق هذا، دعنا نفترض بأن الاحداثيات الفلكية والأرضية متساوية عند نقطة الأصل A، أي أن إنحرافات الشاقول تساوي صفر. فالمسوحات الأرضية من A لن يتمكن من احتساب الاحداثيات الأرضية لنقطة B باستخدام سطح كروي مفترض للأسناد. ويمكن مقارنة هذه القيم مع الاحداثيات الفلكية المرصودة في B والتي تتضمن السمات الفلكي والأرضي، ومن ثم تستخرج قيم الانحراف. فإن كانت فرضيتنا نقطة الأصل والسطح الكروي خاطئة ستلاحظ إنحرافات متكررة للشاقول كلما تقدمت أعمال المسح. فكما أشهر اليه سابقاً، إن أفضل شكل كروي للأسناد هو الذي يعطي أقل قيم للانحراف على امتداد العمل. وتسمن محطات المسح التي تنتم فيها هذه المقارنات بمحطات لابلاس "LAPLACE".

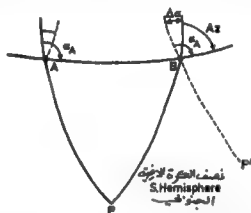
إن الحسابات على السطح الكروي للخطوط الطولية جداً هي في منتصف التعقيد وهي خارجة عن نطاق هذا الكتاب، مع ذلك فلهذه الخطوط التي تقل عن 40 كم يمكن ارتجاع طرق شبه تفصيلية، وكما هو موضح في الفقرات التالية:

2 - 10 - 1 اقتراب خطوط الزوال

لأن التصحيح عن التقارب هو ضروري في تحقيق الاتجاه
الزاوي لخط ما فلكيا أو بواسطة مزواة الجايرو -GYRO
THEODOLITE، لأن تأثير التقارب عند خط الاستواء يساوي
صفر ويزداد بازدياد خط العرض، وهو يكون باعلى قيمة
عند MAX إذا كان الخط باتجاه (شرق - غرب).

يعرف سمت الخط بأنه اتجاهه نسبة إلى الشمال الحقيقي أي نسبة إلى دائرة خط الزوال المارة به. أما "الاتجاه الزاوي" للخط فهو اتجاهه نسبة إلى دائرة خط الزوال المارة بنقطة أصل أعمال المسح.

وهكذا فمن (الشكل 2-31) يكون الاتجاه الزاوي لـ (BC) مساوياً α_1 بفرض أن A هي نقطة أصل أعمال المسح وأن (ABC) هو خط مستقيم ، بينما يكون سمت (BC) $\alpha_1 + \Delta\alpha$ وبساوي α_2 . وهذه الحقيقة هي مهمة جداً في الحسابات التالية على السطح الكروي.



شكل 2-32

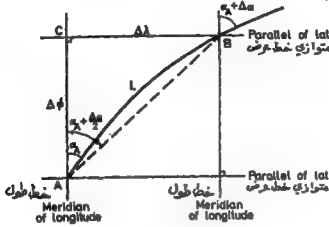
أما بالنسبة للنقاط التي تقع على نصف الكرة الأرضية الجنوبي يمكن إخبار أن السمت (A_2) يساوي $(A_1 - \Delta\alpha)$.

2-10-3 إيجاد خط العرض وعمل الطول بطريقة متوسط خطوط العرض

هنالك عدة طرق لإيجاد خطوط العرض وخطوط الطول لنقاط واقعة على سطح الكرة الأرضية ، وكل هذه الطرق تختلف فيما بينها باختلاف طول الخط ودرجة الضبط المطلوبة. فلذا كان العمل على الكرة ، يمكن استخدام المثلثات الكروية ، ولكن أخطاء كبيرة قد تنجم عن ذلك بسبب صعوبة إيجاد جيوب وقلل الزوايا الصغيرة في مركز الكرة الأرضية المقابلة للخطوط القصيرة نسبياً على سطح الأرض. وينصح هنا باستخدام طريقة متوسط خطوط العرض للخطوط القصيرة التي لا تتجاوز الـ 40 كم لكافة المتابعين من هذا النوع التي توضع في إمتحانات الاختصاصات الهندسية.

خذ الخط (AB) على سطح الأرض (شكل 2-33)؛ فلما كان الخط (AB) قصيراً نسبياً يمكن تمثيل خطوط الطول وموازيات خطوط العرض بخطوط مستقيمة مولدة بذلك مشبكاً مستطيلاً. والخط المنقط يمثل الموقع الوسطي بسمت متوسط

(ABC) قائم الزاوية بواسطة المثلثات المستوية للضلعين (AC) و (BC) اللذين يمثلان الفرق بخط العرض ($\Delta\phi$) والفرق بخط الطول ($\Delta\lambda$) على التوالي؛



شكل 33-2

على السطح الكروي ؛ يمكن إيجبات أن:

$$\Delta\lambda = \frac{L \sin \alpha_m}{\sin \phi_m}$$

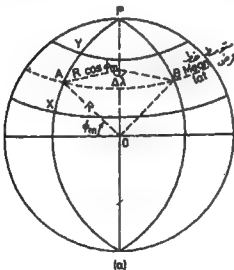
...<54-2>

$$\Delta\phi = \frac{L \cos \alpha_m}{\rho_m}$$

...<55-2>

حيث أن ρ_m هي متوسط قيمتي السمتين الأمامي والخلفي بـ 180°. كما وأن ϕ_m وهما قيمتا سمتي قطري (الأكبر والأصغر) تعذب السطح الكروي عند متوسط خط العرض.

للأعمال ذات الامتداد المحدود ، يمكن استخدام سطح الكرة الذي يناسب السطح الكروي بأفضل شكل في تلك النقطة ، أي ($R = \rho_p$) . وهكذا من <الشكل 2-34> يكون الطول (AB) مساوياً ($AB = \Delta\lambda R \cos \phi_m$) والذي يعادل الضلع (CB) في <الشكل 2-33>.



شكل 34-2

$$157 \quad CB = L \sin \left(\alpha_A + \frac{\Delta \alpha}{2} \right) = L \sin \alpha_m \quad \therefore \Delta L \cos \phi_m = L \sin \alpha_m$$

$$= \frac{L \sin \alpha_m}{R \cos \phi_m} \text{ (rad)} \quad \text{<A56-2>}$$

وبخمس الطريقة في <الشكل 2-34> يكون الطول < $\gamma = R\Delta\phi$ > والذي يعادل الطلع (AC) في <الشكل 2-33>.

$$C = L \cos \alpha_m \quad \therefore L \cos \alpha_m = R\Delta\phi$$

$$\Delta\phi = \frac{L \cos \alpha_m}{R} \text{ (rad)} \quad \text{...<B56-2>}$$

وستوضح الامثلة التالية التطبيقات المخططة للمعلومات اعلاه.

امثلة محلولة

مثال 2-17: ادناه خطوط عرض وطول المحطتين A و B ، مع المسافات على سطح الارض التي تقابل 1° من خط العرض وخط الطول، اوجد سمتى الخطين (AB) و (BA) والمسافة (AB).

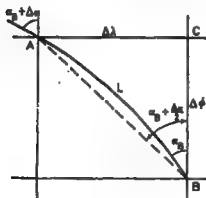
المسافة على
سطح الارض

				خط عرض	
				خط طول 1°	خط عرض 1°
A	N54 52 30	W2 08 50	54 50	30.44M	17.57M
B	N54 51 42	W2 02 33	54 55	30.44M	17.53M

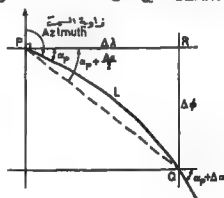
(جامعة لندن)

الحل

ملاحظة للطالب: حيث ان خطوط الزوال ومتوازيات خطوط العرض تولد وحدة مستطيلة معروفة بذلك اتجاهي (الشمال-جنوب) و (الشرق-غرب)، فإن الطالب يمكن ان يجد من السهل عليه استخدام منظومة الاتجاه الزاوي الربيعي QUADRANT BEARING في حل هذه التمارين.



شكل 2-35



شكل 2-36

من الشكل (2-35) ؛ معدل خط العرض يساوي $54^{\circ}52'06''$ N
 $\Delta\lambda = 05^{\circ}32'$ $\Delta\phi = 48''$

لذن ستكون $(\Delta\phi)$ بوحدات المسافة الطولية على سطح الارض
 باستخدام الجدول المعطى فى السؤال:
 $1461.12M = 30.44M \times 48''$

وبنفس الطريقة بالنسبة لـ $(\Delta\lambda)$ ، ولكن قبل ذلك يجب
 إجراء تقريب فى الجدول لابتعاد قيمة 1° من خطوط الطول
 على خط عرض مقداره $54^{\circ}52'06''$.

لذن عند $54^{\circ}52'06''$ قرن 1° من خطوط الطول تساوى:
 $17.55M = (0.04/300'') \times 126'' = 17.55M$
 $\therefore \Delta\lambda = 332'' \times 17.55 = 5826.60M$

فى المثلث المستوي (ABC) :

$$\tan^{-1}\left(\alpha_0 + \frac{\Delta\alpha}{2}\right) = \frac{\Delta\lambda}{\Delta\phi} = \frac{5826.60}{1461.12}$$

$\therefore (\alpha_0 + \Delta\alpha/2) = N 76^{\circ}20'22'' W = \alpha_m$

$\Delta\alpha = \Delta\lambda \sin \phi_m = 332'' \sin 54^{\circ}52'06'' = 04'32''$

والآن :

$\therefore \alpha_0 = 76^{\circ}20'22'' - 02'16'' = N 76^{\circ}18'06'' W$

$\therefore (\text{سمت } (BA) \text{ فى } B) = 283^{\circ}41'54''$ (مقاس باتجاه عقرب الساعة من الشمال)

$(\text{سمت } (BA) \text{ فى } A) = N (\alpha_0 + \Delta\alpha) W = N 76^{\circ}22'38'' W$

$\therefore (\text{سمت } (AB) \text{ فى } A) = S 76^{\circ}22'38'' E = 103^{\circ}37'22''$

الطول (AB) : $AB = \Delta\phi \sec \alpha_m = 1461.12 \sec 76^{\circ}20'22'' = 6186.75 m$

فأليها ما تأخذ هذه التمارين شكل احتساب خط العرض
 والطول للمحطة B من خط عرض وخط طول النقطة A ومن سمت
 (AB) والمسافة (AB)، فمن الواضح لذن أن متوسط خط
 العرض هو غير معروف ، وهكذا لا يمكن احتساب مقدار
 انحراف خطوط الزوال (Δλ)، فالحل لذن يأخذ شكل تقريبان
 متتالية .

مثال 2-18: للمحطة التخليقية P خط عرض $(45^{\circ}05'00''N)$
 وخط طول $(90^{\circ}10'11''W)$ والمسافة من P إلى المحطة التالية
 Q هي 7600 م، وسمت الخط (PQ) فى P هو $(140^{\circ}30'04'')$ ،
 والجدول أدناه يعطى الأضوال α و β بالامتياز على سطح الارض
 لتغيرات مقاديرها 1° بخط العرض وبخط الطول على
 التوالي، أوجد خط عرض وخط طول النقطة Q التى أقرب
 شاذية ، كذلك أوجد زاوية السمى لـ (QP) فى Q.

خط العرض	الطول (متر)	الطول (متر)
45 00 00	30.384 12	21.558 21
45 05 00	30.384 57	21.526 98

(جامعة لندن)

الحل

راجع (الشكل 2-36)

$$= A_2 = 140^\circ 30' 04'' \quad \text{سمت (PQ)}$$

$$\alpha_p = 50^\circ 30' 04''$$

$$\Delta\phi = \frac{L \cos \alpha_p}{b}$$

حيث قد أخذت قيمة α في ϕ_p .

$$\therefore \Delta\phi = \frac{7600 \cos 50^\circ 30' 04''}{30.38457} = 159.14''$$

$$\phi_m = \phi_p - \frac{\Delta\phi}{2} = (45^\circ 05' 00'') - 80'' = 45^\circ 03' 40'' \quad (\text{شمالاً})$$

$$\Delta\lambda = \frac{L \sin \alpha_p}{b} \quad (\text{حيث أن قيمة } b \text{ هي عند } \phi_m)$$

$$b = 21.55821 - \frac{(0.03123 \times 220'')}{300''} = 21.53531 \text{ m} \quad \text{أيضاً}$$

$$\therefore \Delta\lambda = \frac{7600 \sin(50^\circ 30' 04'')}{21.53531} = 272.4''$$

إذن مقدار الانحراب يساوي:

$$= \Delta\alpha = \Delta\lambda \sin \phi_m = 272.4 \sin 45^\circ 03' 40'' = 192.8''$$

التقريب الأخير /

$$\alpha_p + \frac{\Delta\alpha}{2} = 50^\circ 30' 04'' = 50^\circ 31' 40''$$

$$\Delta\phi = \frac{L \cos(\alpha_p + \Delta\alpha/2)}{a} \quad (\text{حيث أن } \alpha \text{ قد أخذت لـ } \phi_m)$$

$$a = 30.38412 + \frac{0.00045 \times 220''}{300''} = 30.38445 \text{ m}$$

$$\therefore \Delta\phi = \frac{7600 \cos 50^\circ 31' 40''}{30.38445} = 159.05''$$

يمكن الآن رؤية أن التعبير في $(\Delta\phi)$ هو ضئيل ومهمل.

$$\therefore \Delta\lambda = \frac{L \sin(\alpha_p + \Delta\alpha/2)}{b}$$

حيث أن قيمة b هي كما في التقريب الأول.

$$\therefore \Delta\lambda = \frac{7600 \sin 50^\circ 31' 40''}{21.53531} = 272.5''$$

واعتبارياً بمعاد احتساب $(\Delta\alpha)$ باستخدام القيم النهائية لـ $(\Delta\lambda)$ و (ϕ_m) .

$$= 45^\circ 05' 00'' \text{ N} - 02' 39'' = 45^\circ 02' 21'' \text{ N}$$

إذن خط عرض Q:

$$= 90^\circ 10' 11'' \text{ W} - 04' 32'' = 90^\circ 05' 39'' \text{ W}$$

وخط طول Q:

$$= 90^\circ + (\alpha_p + \Delta\alpha) = 140^\circ 30' 04'' + 192.8'' = 140^\circ 33' 17''$$

والسمت عند Q:

$$= 140^\circ 33' 17'' + 180^\circ = 320^\circ 33' 17''$$

إذن زاوية سمت (QP) في Q:

مثال 2-19: المطلوب إنشاء الخط المستقيم (AB) الذي يولف جزءاً من حدود قطعة أرض طلب تخطيطها، علماً بأن الأعداشيات الجغرافية للنقطتين A و B كما يلي:

خط الطول خط العرض النقطة

A	34° 40' 28" S	148° 12' 02" E
B	34° 44' 05" S	148° 04' 20" E

المطلوب إنشاء الخط من A ومن B في وقت واحد بحيث يتصل الجزءان في مكان ما بين النقطتين. اوجد زاوية السمك لكل من جزئي الخط واطرح باختصار الطريقة التي يجب ان تستخدم في تثبيت هذه الزوايا السمكية. افرض بان متوسط قيمة نصف قطر الارض (6.37×10^6) .

(جمعية المهندسين المدنيين البريطانية)

الحل

في الشكل 2-37؛ لما كان الخط هو في النصف الجنوبي من الكرة الارضية فإن الاقتراب CONVERGENCE هو سالب،

$$\therefore \Delta\alpha = \Delta\lambda \sin \phi_m = 462' \sin 34^\circ 42' 16'' = 263' = 4' 23''$$

من الشكل 2-34A يتبين بان :

$$\Delta\lambda = \Delta\lambda'' R \cos \phi_m \quad ; \quad \Delta\lambda'' = \frac{462' \times 6.37 \times 10^6 \times \cos 34^\circ 42' 16''}{206265} = 11730 \text{ m}$$

وبنفس الطريقة في الشكل 2-34B :

$$\Delta\phi = \Delta\phi'' \times R \quad ; \quad \Delta\phi'' = \frac{6.37 \times 10^6 \times 217'}{206265} = 6700 \text{ m}$$

لاحظ جيدا؛ في كلتا الحالتين تم تحويل $(\Delta\lambda)$ و $(\Delta\phi)$ الى زوايا قطرية.

$$\text{لأن في المثلث (ABC):} \quad \tan(\alpha_s - \Delta\alpha/2) = \frac{AC}{BC} = \frac{11730}{6700} = 60^\circ 15' 32''$$

لأن (α_s) تساوي:

$$\therefore \alpha_s = 60^\circ 15' 32'' + 2' 11'' = 60^\circ 17' 43'' = \text{زاوية سمت (BA) في (B)}$$

$$= \alpha_s - \Delta\alpha = N 60^\circ 13' 20'' E \quad ; \quad \text{لأن سمت (BA) في A يساوي:}$$

$$= S 60^\circ 13' 20'' W = 240^\circ 13' 20'' \quad ; \quad \text{لأن سمت (AB) في A يساوي:}$$

مثال 2-20؛ تم إنشاء مضلع بمشيرة اضلاع من A الى K الى الجانب خط مروي سريع باتجاه الشرق تقريبا. وقد تم توجيه المضلع بواسطة مزواة جايرو وضعت في A. احتسب الاتجاه الزاوي للجزء الاخير (JK) فكان $(87^\circ 43' 02'')$. وقد اعطت رصدة مشابهة زاوية سمت مقدارها $87^\circ 50' 48''$ لـ (JK) في K. وكان مجموع الجمد السبتي DEPARTURE (AK) - من الاحداثيات - 12 545 م ومتوسط خط العرض $(N52^\circ 20' 20'')$.

اوجد التعديلات الزاوية للاتجاهات الزاوية لاضلاع المضلع، علما بان نصف قطر الارض يساوي $(6.37 \times 10^6 \text{ م})$.
(بوليتكنيك كنكرتون)

الحل

$$\text{لاقتراب دائري خطي الزوايا يساوي:} \quad -\Delta\alpha'' = \Delta\lambda'' \sin \phi_m$$

فلذا كان $(AB=L)$ فلن القيمة الزاوية لـ P هي $(p=L/2R)$ ϕ وان :
 (خط العرض المقاس من القطب) $c=(CO-LATITUDE)$
 $PAC = (90^\circ - \phi)$: سم ان :

$$\therefore \sin \theta = \tan(L/2R) \tan[90^\circ - (90^\circ - \phi)]$$

والتي في حالة كون θ و p صغيرتين يمكن كتابتها :

$$\theta = \frac{L \tan \phi}{2R}$$

وحيث ان الطول $(AB \approx AF)$ فلن :
 $BF = AB\theta = L\theta = \frac{L^2 \tan \phi}{2R}$ <57-2> ...

لازاحات OFFSETS على السطح الكروي SPEROID :
 $R = v$ يمكن لحيات ان الازاحات تتناسب طرديا مع مربع المسافة
 ل على طول المماس.

2-11-2 طريقة الوتر Chord method

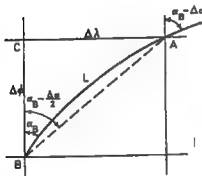
في <الشكل 2-38> تم إنشاء الوتر (ACB) لمتوازي خط
 عرض من A بأخذ الزاوية $(90^\circ - \theta)$ من الشمال الحقيقي .
 فمن المثال المحلول <رقم 2-20> صحيفة 160 :

$$\Delta\alpha = \frac{L \tan \phi}{R}$$

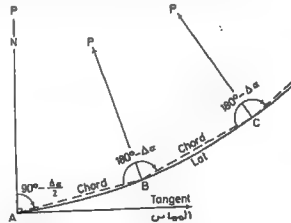
$$\theta = \frac{L \tan \phi}{2R}$$

$$\therefore \theta = \frac{\Delta\alpha}{2}$$

وهكذا ، وحيث قد تم احتساب $(\Delta\alpha)$ باستخدام الطول المعين
 L ، فلن قياس هذه المسافة من A على امتداد خط النظر
 سيعين النقطة B على متوازي خط العرض .



شكل 37-2



شكل 39-2

يمكن تعيين نقاط وسطية لتعيين موقع الخط المتوازي
 وذلك بإنشاء لازاحات OFFSETS من الوتر في <الشكل 2-38>
 حيث ان (CD) هي اكبر لازاحة ، والازاحات متساوية البعد
 الى كل من جانبي (CD) تكون متساوية بالطول . اما
 معادلة الازاحة فهي كالتالي:

$$\begin{aligned}
 CD &= CE - ED = \left(\frac{\Delta\alpha}{2}\right)l_1 - \left(\frac{l_1^2 \tan \phi}{2R}\right) \\
 &= l_1 \left(\frac{L \tan \phi}{2R}\right) - \left(\frac{l_1^2 \tan \phi}{2R}\right) \\
 &= \frac{l_1(L - l_1) \tan \phi}{2R} \quad \dots \langle A59-2 \rangle
 \end{aligned}$$

إن المعادلة A59-2 هي المعادلة العامة للازاحات ،
 وحيث أن (CD) هي أكبر لزاوية فلن $(l_1 = L/2)$:

$$\dots \langle B59-2 \rangle \quad (\text{أكبر لزاوية}) = \frac{\frac{1}{2}L(L - L/2) \tan \phi}{2R} = \frac{L^2 \tan \phi}{8R}$$

بالإمكان تعيين اوتار الأخرى بطريقة مماثلة لإنشاء
 المنحنى البسيط وكما هو مبين في (الشكل 2-39).

أمثلة محلولة

مثال 2-21: برهن بأن لقوس الدائرة العظمى ذي الطول D
 (مضرب مقارنته بنصف قطر الكرة الأرضية) الواصل بين
 نقطتين واقعتين على خط عرض واحد زاويتين سمتيتين عند
 نهايتهما تختلفان عن 90° و 270° بمقدار ϕ بحيث
 $(\sin \alpha = (D/2R) \tan \phi)$ ، حيث أن R هو نصف قطر الأرض، وبين
 أيضاً بأن أكبر لزاوية Δ من الدائرة العظمى التي خط
 العرض تعطين من المعادلة:

$$\Delta = \frac{D^2}{8R} \tan \phi \quad (\text{الازاحة})$$

من موقع ذي خط عرض $(42^\circ N)$ ، المطلوب إنشاء دائرة
 عظمى التي موقع بجعد 12 كم شرقاً وبنفس خط عرض نقطة
 الابتداء. ماذا يجب أن تكون زاوية سمت الخط في نقطة
 بدايته؟ وماذا ستكون أكبر مسافة من الدائرة العظمى
 التي خط العرض؟ خذ نصف قطر الأرض مساوياً لـ 6390 كم،
 (جامعة لندن)

الحل

راجع (الفقرة 2-10) لإجابة الجزء الأول من السؤال،
 زاوية سمت الخط في نقطة بدايته يساوي: $(\Delta\alpha/2) = 90^\circ$

$$\text{حيث أن } (\Delta\alpha/2) : \quad \frac{\Delta\alpha}{2} = \frac{L \tan \lambda}{2R} = \frac{12 \tan 42^\circ \times 206265}{2 \times 6390} = 174''$$

لذن زاوية السميت تساوي $06' 57'' 89$ ، و أكبر لزاوية Δ :

$$\Delta = \frac{12^2 \tan 42^\circ}{8 \times 6390} = 2.536 \text{ m}$$

مثال 2-22: المطلوب إنشاء خط طوليه 3 كم بخط عرض
 $(51^\circ 30' N)$ بوضع أحجار حدود على مسافات مقدارها 1 كم.

فلذا علمت بأن 1° من خط الطول تقابل 18.986 م على سطح الأرض عند خط عرض $(51^\circ 30' N)$. أوجد المعلومات المطلوبة وبين كيف يمكنك إنشاء الحدود لهذا عرف الشمال الحقيقي في بداية الخط.

الحل

طريقة الوتر

$$\Delta\lambda = 3000/18.986 = 158'' \quad ; \quad (\Delta\lambda) \text{ الفرق بخطوط الطول}$$

$$\Delta\alpha = \Delta\lambda \sin \phi_m = 158'' \sin 51^\circ 30' = 124'' \quad ; \quad (\Delta\alpha) \text{ الانحراف}$$

انشئ زاوية مقدارها $(\Delta\alpha/2 = 89^\circ 58' 58'')$ من الشمال الحقيقي عند نقطة البداية وثبت علامات على مسافات مقدارها 1 كم ولمسافة 3 كم، ولتثبت أحجار الحدود على المتوازي على مسافة 1 كم و 2 كم ستكون الانحرافات متساويتين حيث أنهما متساويتا البعد عن كل من جانبي أكبر الزاوية.

من الشكل 2-34؛ إذا كانت $(\Delta\lambda = 1'')$ فإن $(AB = 18.986 \text{ m})$ وهكذا فبالزوايا القطرية؛

$$R \cos \phi \Delta\lambda = 18.986 \text{ m}$$

$$\therefore R = \frac{18.986 \times 206265}{\cos 51^\circ 30'} = 6290848 \text{ m}$$

لأن ستكون الانحراف OFFSET عند المسافة 1 كم و 2 كم من (المعادلة 2-59) مساوية؛

$$= \frac{1000(3000 - 1000) \tan 51^\circ 30'}{2 \times 6290848} = 0.200 \text{ m}$$

طريقة التماس

انشئ الزاوية 90° من الشمال الحقيقي لتعيين خط المماس؛

$$= \frac{l_f^2 \tan \phi}{2R} \quad ; \quad \text{الانحراف عند المسافة 1 كم}$$

$$= \frac{1000^2 \tan 51^\circ 30'}{2 \times 6290848} = 0.100 \text{ m}$$

الانحراف عند المسافة 2 كم تساوي 0.400 م
الانحراف عند المسافة 3 كم تساوي 0.900 م

فيجب قياس هذه الانحرافات باتجاه خط الزوال، أي بزوايا مقدارها $(\Delta\alpha - 90^\circ)$ من المماس،
لأن $(\Delta\alpha)$ عند المسافة 1 كم تساوي؛

$$= \frac{L \tan \phi}{R} = \frac{1 \times \tan 51^\circ 30'}{6290848} \times 206265 = 0.04''$$

$(\Delta\alpha)$ عند المسافة 2 كم تساوي $0.08''$
 $(\Delta\alpha)$ عند المسافة 3 كم تساوي $0.12''$

2-12 الإسقاط الميركاتوري العرضي (TMP) TRANSVERSE MERCATOR PROJECTION

يعد تحديد مواقع النقاط من إحداثياتها الكروية ϕ و λ على السطح الكروي للأسناد SPHEROID OF REFERENCE سبب إعداد خارطة على سطح مستوي . وهنا يجب استخدام أفضل إسقاط يلائم متطلبات البلد الذي يطلب إعداد خرائطه .

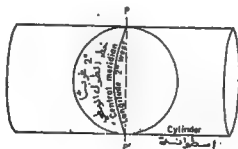
إن إسقاط الخارطة هو واسطة لتمثيل خطوط العرض والطول للأرض الكروية على قطعة ورق مستوية . والخطوط الناتجة هذه توكف ما يسمى بالمشبك GRATICULE .

طالما أنه من المستحيل تمثيل سطح منحنى على سطح مستوي ، فإنه لا يوجد شيء اسمه إسقاط مثالي . مع ذلك ، فهناك إسقاطات معينة تفي بمطالب معينة .

في الجزر البريطانية ، اعتمدت مصلحة المساحة السطح الكروي الجوي AIRY'S SPHEROID كسطحها الكروي للأسناد والذي :
نصف محوره الاستوائي يساوي 377 563.4 م
ونصف محوره القطبي يساوي 356 256.9 م

في حالة الإسقاط ، كان المطلب الأساس لمصلحة المساحة هو أن المقياس SCALE في أية نقطة من الإسقاط يكون متساوي في جميع الاتجاهات . ونتيجة لهذا المطلب فإن المساحات الصغيرة على الأرض تحافظ على شكلها الحقيقي على الخارطة ، والزوايا الممتصة من الإحداثيات المتعامدة تنطبق تقريبا تماما مع الزوايا المرصودة على الأرض . وكذا إسقاطات تسمى "الإسقاطات الشكلية المتعامدة ORTHOMORPHIC PROJECTIONS" . فباخذ هذا بنظر الاعتبار زائدا حذيفة أن هذه الإسقاطات تلائم وبشكل ممتاز شكل البلد الذي يمتد الجزء الأكبر منه باتجاه الشمال - جنوب ، لذلك فقد تم استخدام الإسقاط الميركاتوري العرضي (TMP) .

إن الإسقاط الميركاتوري العرضي هو إسقاط اسطوانوي كما مبين في الشكل 2-40 ، حيث تكون الاسطوانة بتماس مع الأرض على طول خط الزوال ، ويتم إسقاط خطوط العرض



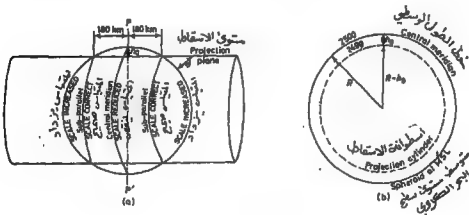
شكل 2-40

والطول على الاسطوانة من نقطة مصدر واقعة في مركز الكرة الارضية. ويتم تحقيق الحالة الشكلية المتعامدة ORTHOMORPHISM بمط المقياس باستقامة خطوط الزوال لمجارية الزيادة الحاصلة في المقياس على طول المتوازيات، فتفتح الاسطوانة ووضعها بشكل مستوي فزن خطوط العرض والطول ستوغل شبكة من المنحنيات المعقدة المتقاطعة مع بعضها بزوايا قائمة ، حيث يكون خط الزوال فيها مستقيما .

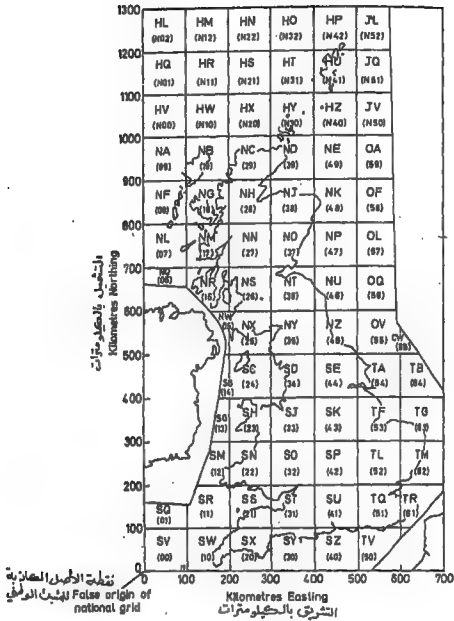
لانه واضح من (الشكل 2-40) بأن المقياس ، وهو النسبة بين المسافة على الخارطة الى المسافة على الارض ، سيكون صحيحا فقط على طول خط الزوال حيث تلامس الاسطوانة الارض. وهكذا يكون معامل مقياس الاسقاط على طول خط الزوال الوسطي التلامس مساويا وحدة UNITY، ولما كان معامل المقياس يتغير بموجب مربع المسافة من خط الزوال الوسطي ، يمكن إثبات ان معامل المقياس (SF) يساوي 90 1.000 على بعد 270 كم شرقا او غربا .

إن خط الزوال المعتمد للجزر الجريمانية هو خط الطول 2° غربا ، ونقطة تقاطع خط الزوال هذا مع متوازي خط العرض 49° شمالا هي نقطة الاصل الحقيقية للاسقاط.

مع هذا ولأجل تقليل خطأ المقياس عند النهايات الشرقية والغربية للبلد تم تقليل المقياس عند دائرة خط الزوال الوسطي بنسبة (2499/2500) بشكل مطلق، وهذا يؤثر في جعل المقياس اصغر بنسبة (0.04%) عند خط الزوال الوسطي واكبر بنسبة (0.04%) عند السواحل الشرقية والغربية للبلد. إن النتيجة الظاهرية لتقليل المقياس عند خط الزوال الوسطي هي تقليل قطر اسطوانة الاسقاط وكما هو مبين في (الشكل 2-41)، وهكذا يكون معامل المقياس عند خط الزوال الوسطي مساويا 27 601 0.999 وبتساوي وحدة UNITY على مسافة 180 كم الى الشرق والى الغرب من خط الزوال الوسطي .



شكل 2-41



شكل 2-42: منظومة الإسناد الوطنية لبريطانيا العظمى
تظهر مربعات طول ضلعها 100 كم بالارقام المستخدمة
لتسميتها في المنظومة السابقة ، والاحرف التي حلت محل
الارقام.

كانت قد اوصت هيئة دافدسون DAVIDSON MOMMITTEE المؤسسة سنة 1935 لدراسة خرائط ومخططات مصلحة المساحة بتطبيق المشبك الوطني (N.G.) على كافة خرائط مصلحة المساحة، وقد نتج عن ذلك توفير منظومة لإسناد واحدة للبلاد بكامله يمكن تعيين موقع نقطة عليها بواسطة الاحداثيات المستوية المعتمدة PLANE RECTANGULAR CO-ORDINATES. وقد تم تحديد موقع نقطة اصل المشبك الوطني 400 000 م الى غرب و 100 000 م الى شمال نقطة الاصل الحقيقية، مما يجعل إحداثيات النقطة موجبة دائماً، وهكذا يتم تعريفها من خلال تعريفها وتشميلها.

وكما هو مبين (بالشكل 2-42) فإن المشبك هو عبارة عن سلسلة من الخطوط الموازية لخط الزوال الوسطي والمودية عليه للاسقاط المبركاتوري العرضي. وهكذا فعند خط الزوال الوسطي يكون شمال المشبك هو نفس الشمال الحقيقي أو الجغرافي. ولو ان شمال المشبك سيختلف عن الشمال الحقيقي الى شرق والى غرب خط الزوال الوسطي بمقدار يتغير حسب اقتراب خطوط الزوال من خط الزوال الوسطي.

14-2 معاملات المقياس SCALE FACTORS

لقد تم تفسير مصادر معاملات المقياس بشكل متكامل، وبقي فقط تعريفها بخصوصية أكثر، وهكذا:

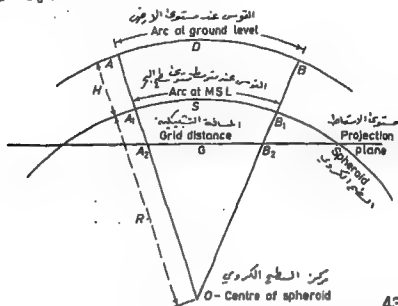
$$F = G/S \quad \dots (2-60) \quad \text{حيث أن:}$$

F هي معامل المقياس المحلي LOCAL SCALE FACTOR (LSF)
G هي المسافة على المشبك (كما هي محتسبة من إحداثيات المشبك الوطني)
S هي المسافة على السطح الكروي عند متوسط مستوي سطح البحر (MSL).

ببين (الشكل 2-43) العلاقات بين هذه المسافات المختلفة ويقتد في توضيح تطبيق معامل المقياس المحلي.

يمكن استخراج معادلة شبه دقيقة لقيمة F وكما يلي:
خطا المقياس SCALE ERROR (SE) هو الفرق بين معامل المقياس (F) في اية نقطة ومعامل المقياس (F₀) عند خط الزوال الوسطي، ويتغير بموج مربع المسافة من خط الزوال الوسطي. وهكذا $(SE = K(\Delta E)^2)$ حيث أن (ΔE) هي الفرق بين تعريف النقطة ذات العلاقة وتعريف خط الزوال الوسطي، أي:
 $\Delta E = (E - 400\,000) \text{ m.}$

$$\therefore F = F_0 + SE = 0.999\ 601\ 27 + K(\Delta E)^2$$



شكل 2-43

علما بأن (F_0) هي معامل المقاييس المحلي عند خط الزوال الوسطي وتساوي 0.999 601 27 .

خذ نقطة تقع على مسافة 180 000 م إلى شرق أو إلى غرب خط الزوال الوسطي ، فإن قيمة F لهذه النقطة تساوي 1 ، وهكذا ؛

$$1.000\ 000\ 00 = 0.999\ 601\ 27 + K(180\ 000)^2 \quad \therefore K = 1.228 \times 10^{-14}$$

ومن ثم ؛

$$F = 0.999\ 601\ 27 + [1.228 \times 10^{-14} \times (E - 400\ 000)^2] \quad \dots (61-2)$$

وهكذا فإن قيمة F لنقطة بلخداشبات (E 638 824) متر و (N 309 912) متر على المشبك الوسطي تساوي ؛

$$= 0.999\ 601\ 27 + (1.228 \times 10^{-14} \times 238\ 824) = 1.000\ 301\ 6$$

توصى مصلحة المساحة الجريمانية بأن للأعمال الدقيقة جداً يجب احتساب معامل المقاييس المحلي عند كل من نهايتي الخط وفي الوسط ، وتستخرج القيمة الوسطية من قانون سمسون SIMPSON RULE. مع ذلك ، يكفي احتساب معامل المقاييس المحلي عند نقطة وسط الخط لكافة الأغراض العملية.

من الضروري جداً فهم أن معامل المقاييس يرتبط فقط بالمسافات التي هي على السطح الكروي SPHEROID بمتوسط مستوي سطح البحر وبالمسافات التثبيكية على الاسقاطات، وهكذا فإن أول خطوة هي أن نحول المسافات الأفقية على الأرض إلى ما يقابلها عند متوسط مستوي سطح البحر (MSL) قبل تطبيق معامل المقاييس المحلي (LSF) عليها لتحويلها إلى مسافات تثبيكية، أما تطبيق معادلة تصحيح الارتفاع فقد تم شرحه في (الفقرة 2-1-3-6).

1-14-2 تطبيق معاملات القياس

"تحويل المسافات التشبيكية إلى أرضية":

إن أية مسافة تحتسب من إحداثيات المشبك الوطنى ستكون مسافة تشبيكية GRID DISTANCE. فلذا الريد لإنشاء هذه المسافة على الأرض يجب:

(A) أن تقسم على معامل القياس المحلى لتمطى المسافة الكروية عند (MSL)، أى $(S=G/F)$.
(B) أن يجرى عليها تصحيح الارتفاع لتمطى المسافة الأفقية على الأرض.

خذ النقطتين A و B بإحداثياتهما التالية:

A:	E 638 824.076	N 307 911.843
B:	E 644 601.011	N 313 000.421

$$\therefore \Delta E = 5\ 776.935 \text{ و } \Delta N = 5\ 088.578$$

لأن قرن المسافة التشبيكية متساوى:

$$= ((\Delta E)^2 + (\Delta N)^2)^{1/2} = 6\ 698.481 \text{ (متر)} = G$$

تشريق نقطة وسط (AB) هو (E 641 712) متر.

$$\therefore F = 1.000\ 318\ 8 \dots \text{ (من المعادلة 2-61)}$$

لأن المسافة الكروية S عند متوسط مستوي سطح البحر:

$$S = G/F = 7\ 696.027 \text{ (متر)}$$

والآن بفرض أن ارتفاع (AB) الذى هو H فوق متوسط ارتفاع سطح البحر يساوى 250م قرن تصحيح الارتفاع C_m يكون:

$$C_m = \frac{SH}{R} = \frac{7696 \times 250}{6\ 384\ 100} = +0.301m$$

لأن المسافة الأفقية بمستوي سطح الأرض:

$$S+C_m = 7696.328 \text{ M}$$

"تحويل المسافة الأرضية إلى شبكية":

عند ربط المسوحات بالمشبك الوطنى قرن المسافات الأفقية المقاسة على الأرض يجب أن:

(A) تحول إلى ما يقابلها على السطح الكروى بمستوي مستوي سطح البحر (MSL).
(B) "تضرب" بمعامل القياس المحلى (LSF) لاستخراج المسافة المقابلة لها على المشبك، أى $(G=S \times F)$.

خذ الآن المثال السابق محلولا بالعكس :

$$\begin{aligned} & \text{المسافة الأفقية على الأرض تساوي:} \\ & C_m = -0.301M \end{aligned}$$

$$S = 7696.027M \quad \text{إذن المسافة الكروية } S \text{ بـ (MSL):}$$

$$\begin{aligned} & \text{كما أن } F = 1.0003188 \\ & G = S \times F = 7698.481M \quad \text{إذن المسافة التشبيكية } G \end{aligned}$$

وتتبسط الحسابات أعلاه كثيرا إذا جرت تركيب تصحيحي معاملي المقياس المحلي والارتفاع لبعضها معاملي مقياس محلي معدل ADJUSTED لمتوسط الارتفاع MEAN ELEVATION. وهذا يمكن أن يتم بالشكل التالي (شكل 2-44B):

معاملي المقياس المحلي عند خط الزوال الوسطي (F_0):

$$F_0 = (R - h_0) / R \quad \text{(المسافة الكروية) / (المسافة التشبيكية)}$$

$$\therefore h_0 = R(1 - F_0)$$

وفي أي موقع على السطح الكروي SPHEROID:

$$h = R(1 - F) \quad \dots (2-62)$$

رجوعا إلى (الشكل 2-44A) يتضح بأنه عندما تكون ($F < 1$) يكون السطح الكروي "فوق" مستوى الاسقاط وتكون h موجبة. وعندما تكون ($F > 1$) يكون السطح الكروي "تحت" مستوى الاسقاط وتكون h سالبة. خذ الخط (AB) مرة ثانية والذي قيمته F فيه تساوي 1.0003187 (شكل 2-44A)، فلن ارتفاع مستوى الاسقاط فوق أو تحت (MSL) عند نقطة وسط (AB) يساوي h .

$$h = R(1 - F) = 6384100(1 - 1.0003187) = -2034.6M \quad \text{حيث:}$$

$$= 1.0003187 \quad \text{إذن قيمة } F \text{ عند (MSL):}$$

$$= 1.0000000 \quad \text{وقيمة } F \text{ عند مستوى الاسقاط:}$$

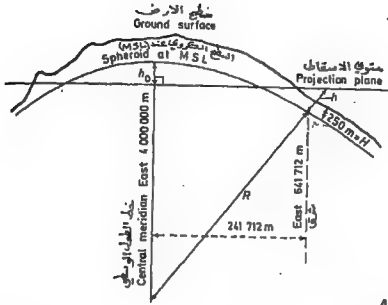
$$= 0.0003187 \quad \text{إذن الفرق في قيمة } F \text{ أي } (\Delta F):$$

وبالتناسب فلن F على ارتفاع 250م فوق (MSL)، أي (F_a):

$$F_a = F \pm \frac{\Delta F \times H}{h} \quad \dots (2-63)$$

$$= 1.0003187 - \frac{0.0003187 \times 250}{2034.6}$$

$$\therefore F_a = 1.0002795$$



شكل 2-44

سوف يتحدد الشكل حول علامة هذا التصحيح لقيمة F بالنظر إلى الشكل 2-44. فالنقطة ذات العلاقة لها عامل مقياس محلي (LSF) قيمته 1.000 318 7 عند (MSL). وهكذا يجب أن يقع مستوي الاسقاط "فوق" (MSL). ويجب أن الأرض هي الآن 250 م فوق (MSL) فهي تقترب أكثر من مستوي الاسقاط وهكذا تقترب أكثر من 1 (UNITY)، وهكذا يكون تصحيح 1.000 318 7 سالباً معطياً 1.000 279 5. أخذ الآن خط الزوال الوسطي حيث يكون (LSF) عند (MSL) مساوياً 0.999 6. فلذا كانت الأرض فوق (MSL) فلنراها ستكون أبعد عن مستوي الاسقاط، وهكذا ستتعد (FSL) عن 1 أكثر عند مستوي الأرض، وهكذا يكون تصحيح F سالباً مرة أخرى. أما إذا كان الموقع موضوع البحث تحت (MSL) كما يحدث عادة في أعمال المناجم والاتفاق، فلن التصحيح يكون موجباً.

في الوقت الذي يكون فيه فهم المبادئ مهماً، يمكن حذف هذه الاعتبارات بتركيب المعادلتين 2-63 و 2-64 ليعطى:

$$F_a = F(1 - H/R) \quad \dots (2-64)$$

حيث أن H هو ارتفاع الأرض نسبة إلى (MSL) وهي موجبة عندما تكون فوق (MSL) وسالبة عندما تكون تحتها.

$$\therefore F_a = 1.000\ 318\ 7(1 - (250/6\ 384\ 100)) = 1.000\ 279\ 5$$

من الضروري تطبيق معاملات المقياس المحلي على المسوحات المطلوبة ربطها بالمشبك الوطني فقط والعكس بالعكس، أي عندما يطلب لحساب المسافات المشبكية على الأرض من قيم إحداثيات المشبك الوطني. كذلك يكفي استخدام (LSF) واحد لموقع ما، ويعتمد امتداد هذا الموقع على درجة الضبط ACCURACY المطلوبة.

بإمكان إيجاد طريقة أخرى (غير استخدام معاملات المقياس) في المسوحات الهندسية (سكويفلد 1973).

لقد جرى مناقشة هذا الموضوع سابقا ، ولكن يمكن التوسع فيه بشكل أكثر بخصوص المشبك الوطني.

بمتابيح خط الزوال الوسطي في الاسقاط المبركاتوري المرضي (أي خط طول 2° غربا) مع القطب التشبيكي GRID LINE الواقع 400 000 م الشرق من نقطة الأصل الكاذبة، كما تقترب كافة خطوط الزوال الأخرى الواقعة إلى شرق وإلى غرب خط الزوال الوسطي من خط الزوال الوسطي، أي أنها تقترب باتجاه القطب الشمالي وتلتقي فيه. ولكن خطوط التشبيكية كلها موازية إلى خط الزوال الوسطي ، وهكذا فالزاوية التي هي باتجاه عقرب الساعة (في أبهة نقطة) بين اتجاه خطوط المشبك (شمال المشبك) وخطوط الزوال (الشمال الحقيقي) تعرف بـ "إقترب خطوط الزوال ($\Delta\alpha$)

CONVERGENCE OF MERIDIANS حيث :

$$\Delta\alpha = \Delta\lambda \sin \phi_m$$

$$\Delta\lambda = L/R \cos \phi_m$$

$$\therefore \Delta\alpha = \frac{L \tan \phi_m}{R} \quad \dots (2-65)$$

حيث أن L هي المسافة من خط الزوال الوسطي.

وستعطي هذه المعادلات التقريبية فيما له ($\Delta\alpha$) مقربة إلى حد $25''$ عندما تؤخذ ϕ_m من الخارطة مقربة إلى أقرب $05'$ ، فمثلا ، إذا كانت إحداثيات المشبك الوطني لمحملة ما (E626 238 ، N302 646) وكان خط عرضها ($52^\circ 34'$) شمالا، أوجد مقدار إقترب خطوط الزوال باعتبار أن نصف قطر الكرة الأرضية يساوي 6 384 100 متر.

$$L = 626\,238 - 400\,000 = 226\,238 \text{ m}$$

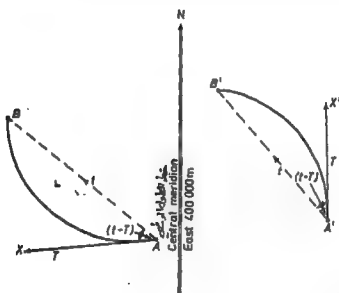
$$\Delta\alpha'' = \frac{226\,238 \tan 52^\circ 34'}{6\,384\,100} \times 206\,265 = 9549''$$

$$\therefore \Delta\alpha = 2^\circ 39' 09''$$

إن الاسقاط المبركاتوري المرضي (TMP) TRANSVERSE MERACTOR PROJECTION هو إسقاط متعامد، وهكذا فمن غير الضروري تغيير الزوايا المقاسة على الأرض عند استخدامها بمستوي الاسقاط. مع ذلك، فعندما يكون هنالك خطوط نظر طويلة ، يتطلب الأمر إجراء تصحيح مضيق يضمن "تصحيح (T - t)".

إن الخطوط المرصودة على الأرض هي منحنية بسبب الشكل الكروي للأرض ، وهي دائما "مقنعة" من جهة خط الزوال الوسطى كما مبين في (الشكل 2-45).

وهكذا سيأخذ الخط (AB) المرصود على الأرض الاتجاه (AX) ، بينما على الإسقاط يأخذ الشكل المستقيم -المبين بخط منقطع - والفرق بين هذين الاتجاهين الاثنين يسمى تصحيح (t-T) ، ومن هذا يتضح بأنه في حالة وجود خطوط طويلة فلن الزوايا بين محطات مقلدة المساحة المرصودة على الأرض ستختلف قليلا عن الزوايا المعادلة لها والمعتسبة من إحداثيات المشبك الوطني.



شكل 2-45

إن معادلة تصحيح الاتجاه الزاوي للخط (AB) هي:

$$(t - T)_A = (2\Delta E_A + \Delta E_B)(N_A - N_B)K \quad \dots (2-66)$$

حيث أن :

ΔE هو تهريق (NG) ناقصا 400 000 م (يكتب بالكيلومترات)
 N هو تشميل (NG) (يكتب بالكيلومترات)
 A هي المحطة المطلوب عندها التصحيح.
 B هي المحطة المرصودة.
 K تساوي (845×10^{-6}) .

وستكون أعلى قيمة لتصحيح (t-T) هي $(\pm 7'')$ تقريبا ، وهي صغير للنقاط ذات التشميل الواحد وتزداد بازدياد المسافة من خط الزوال الوسطى. وسوف يتم شرح تطبيق تصحيح (t-T) واقترب خطوط الزوال بوضوح في الأمثلة المحولة التالية:

مثال 2-23: كانت إحداثيات الممشك الوطني (NG) للنقطة A
 $N_A = 307\ 911.843$ و $E_A = 238\ 824.076$ وللنقطة B
 $N_B = 313\ 000.421$ و $E_B = 244\ 601.011$.

- أوجد: (1) الاتجاه الزاوي التشبيكي (AB) وجد موله.
 (2) زاوية سمت (AB) و (BA).
 (3) طول (AB) على الأرض.

إذا أعطيت:
 (A) متوسط قيمة خط عرض الخط (AB) يساوي $54^\circ 00'$ شمالاً.
 (B) متوسط ارتفاع الخط 250 م فوق مستوى الاسناد المساحي.
 (C) نصف قطر الأرض المحلي 384 100 م.
 (بوليتكنيك كركرتون)

الحل

$$\begin{array}{ll} E_A = 238\ 824.076 & N_A = 307\ 911.843 \\ E_B = 244\ 601.011 & N_B = 313\ 000.421 \\ \hline \Delta E = 5776.935 & \Delta N = 5088.578 \end{array} \quad (1)$$

المسافة على الممشك: $=(\Delta E^2 + \Delta N^2)^{1/2} = 7698.481\text{ m}$

اتجاه (AB) الزاوي على الممشك: $= \tan^{-1} \frac{\Delta E}{\Delta N} = 48^\circ 37' 30''$

(2) لاجل احتساب السمت ، اى الاتجاه نسبة الى الشمال الحقيقي ، يجب احتساب:

(A) إقتراب خطوط الزوال ($\Delta \alpha$) في A و B و (B) تصحيح ($t - T$) في A و B (شكل 2-46).

(A) إقتراب خطوط الزوال في A: $\Delta \alpha_A = \frac{L_A \tan \phi}{R}$

حيث L_A هي المسافة من خط الزوال الوسطى:

$$= 400\ 000 - E_A = 161\ 175.924\text{ m}$$

$$\therefore \Delta \alpha_A = \frac{161\ 176 \tan 54^\circ}{6\ 384\ 100} \times 206\ 265 = 7167'' = 1^\circ 59' 27''$$

$$\Delta \alpha_B = \frac{155\ 399 \tan 54^\circ}{6\ 384\ 100} \times 206\ 265 = 6911'' = 1^\circ 55' 11''$$

كذلك:

(B) التصحيح ($t - T$):

$$\begin{aligned} (t_A - T_A) &= (2\Delta E_A + \Delta E_B)(N_A - N_B)K \\ &= 477.751 \times -5.089 \times 845 \times 10^{-6} = -2.05'' \end{aligned}$$

لاحظ بأن التشربق والتشميل بالكيلومترات.

$$(t_2 - T_2) = (2\Delta E_2 + \Delta E_A)(N_2 - N_A)K \\ = 471.974 \times 5.089 \times 845 \times 10^{-6} = +2.03''$$

ولو انه قد تم استخراج علامات (t-T) من المعادلة، لكن
يتمتع الطلاب دائماً برسم تخطيط للحالة المعنية.

بالرجوع <للشكل 2-46>

$$\phi_A = \theta_A - \Delta\alpha_A - (t_A - T_A) \quad \text{زاوية سمت } (\overline{AB}) \text{ تساوي } \phi_A \\ = 48^\circ 37' 30'' - 1^\circ 59' 27'' - 02'' = 46^\circ 38' 01''$$

$$\phi_B = \theta_B - \Delta\alpha_B + (t_B - T_B) \quad \text{زاوية سمت } (\overline{BA}) \text{ تساوي } \phi_B \\ = (48^\circ 37' 30'' + 180^\circ) - 1^\circ 55' 11'' + 2'' \\ = 226^\circ 42' 21''$$

(3) للحصول على قيمة الطول على الارض من الطول على
المشبكة يجب الحصول على معامل المقياس المحلي (LSF)
المعدل عن الارتفاع.

$$= 241 \ 712.544M = E \quad \text{تحويل نقطة وسط (AB)}$$

معامل المقياس المحلي

$$LSF = 0.999 \ 601 + [1.228 \times 10^{-14} \times (E - 400 \ 000)^2] = F$$

$$\therefore F = 0.999 \ 908$$

الارتفاع يساوي 250 متر فوق مستوي الاسناد المساحي، أي
(H = + 250 M) ومعامل المقياس المحلي المعدل عن
الارتفاع (F_a)

$$F_a = F \left(1 - \frac{H}{R}\right) = 0.999 \ 908 \left(1 - \frac{250}{6 \ 384 \ 100}\right) = 0.999 \ 869.$$

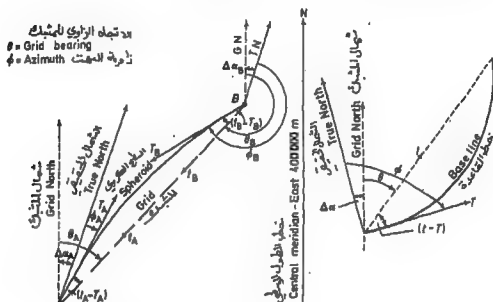
لذا طول (AB) على الارض : (الطول على الشبكة) ÷ F_a

$$\therefore AB = 7698.481 \div 0.999 \ 869 = 7 \ 699.483M$$

مثال 2-24: كجزء من اعمال التسوية المطلوبة للاعمال
الاضافية الخاصة بمنظومة موصلات كبيرة تحت الارض،
فقد انشئ خط قاعدة في نفق وربط بالمشبك الوطني من
خلال ربط سلكي عبر مهواة SHAFT واعمال تضليع دقيقة
بعد ذلك.

من ثم تم تدقيق سمت خط القاعدة بواسطة مزواة
الجابرو وباستخدام "طريقة رصد النقطة العكسية
REVERSAL POINT METHOD OF OBSERVATION" وكما يلي:

ملاحظات	قراءات الدائرة الانقضية النظام المعكسبة			
المعكسبة اليسار	40	20	330	r_1
المعكسبة اليمين	50	42	338	r_2
المعكسبة اليسار	18	27	330	r_3
المعكسبة اليمين	20	22	338	r_4



شكل 2-46

شكل 2-47

قراءة الدائرة الانقضية لخط القاعدة: $28^{\circ}32'46''$
 إقتراب خطوط الزوال: $0^{\circ}20'18''$
 تصحيح $((t - T))$: $0^{\circ}00'04''$
 تشريق المشبك الوطني لخط القاعدة: 500 000 متر

وقبل أخذ القراءات اعلاه كان قد تم تدقيق مزواة الجايرو على خط قاعدة سطحي ذي سمت معروف وقد تم الحصول على المعاليم المتوسطة التالية:

السمت المعلوم لخط القاعدة السطحي: $140^{\circ}25'54''$
 سمت الجايرو لخط القاعدة السطحي: $141^{\circ}30'58''$

اوجد الاتجاه الزاوي على المشبك الوطني لخط القاعدة تحت الارض.

الحل

راجع <الجزء الاول/ سكوفيلد - شعبان 1986> حول مزواة الجايرو. فباستخدام متوسط قيمة سكولر SCHULER'S MEAN:

$$N_1 = \frac{1}{2}(r_1 + 2r_2 + r_3) = 334^{\circ}33'24''$$

$$N_2 = \frac{1}{2}(r_2 + 2r_3 + r_4) = 334^{\circ}29'54''$$

$$\therefore N = (N_1 + N_2)/2 = 334^{\circ}31'39''$$

قراءة الدائرة الاقضية للقاعدة:
 $= 28^{\circ} 32' 46''$
 إذن سمت الجايرو لخط القاعدة:
 $= 28^{\circ} 32' 26'' - 334^{\circ} 31' 39'' = 54^{\circ} 01' 07''$

مع هذا، فالقراءات على القاعدة السطحية تشير إلى أن
 مزواة الجايرو تقراً أكثر مما يجب بمقدار:
 $= 141^{\circ} 30' 58'' - 140^{\circ} 25' 54'' = 1^{\circ} 05' 04''$

إذن السميت الحقيقي لخط القاعدة ϕ ;
 (ثابت الجهاز) - (سميت الجايرو) ϕ
 $= 54^{\circ} 01' 07'' - 1^{\circ} 05' 04'' = 52^{\circ} 56' 03''$

والآن بالرجوع إلى (الشكل 2-47) تتضح علامة التصحيحات
 (أى + أو -) التي تعطى الاتجاه الزاوي على المشبك
 الوطني (N.G.) ، أى:
 السميت ϕ ;
 لفتتراب خطوط الزوال ($\Delta\alpha$):
 تصحيح ($t-T$):

$$\begin{aligned}\phi &= 52^{\circ} 56' 03'' \\ \Delta\alpha &= - 0^{\circ} 20' 18'' \\ (t-T) &= - 0^{\circ} 00' 04''\end{aligned}$$

إذن الاتجاه الزاوي على (N.G.) $\phi = 52^{\circ} 35' 41''$

تعاريف

2-11 لشرح معني التعبير "افتتراب خطوط الزوال" وبين كيف
 يجب أخذ هذا العامل بنظر الاعتبار عند مد خطوط المسح
 الطويلة بواسطة المزواة.

من النقطة A الواقعة على خط عرض 53° شمالاً وخط طول 2
 غرباً تم مد خط عمودي على اتجاه خط الزوال الابتدائي
 INITIAL MERIDIAN ولمسافة 31 680 متر باتجاه الغرب
 إلى نقطة B.

أوجد الاتجاه الزاوي الحقيقي للخط في نقطة B وخط طول
 هذه النقطة. أيضاً أوجد الاتجاه الزاوي والمسافة من B
 لنقطة تقع على خط زوال النقطة B وبتقص خط عرض نقطة
 الابتداء A. حيث يمكن اعتبار نصف قطر الأرض 6273 كم.
 (جامعة لندن)
 [الجواب: ($269^{\circ} 37' 00''$) و ($2^{\circ} 28' 51''$ غرباً) و 106.5 متر]

2-12 للنقطتين A و B الاحداثيات التالية:

	خط العرض	خط الطول
A	$52^{\circ} 21' 14'' N$	$93^{\circ} 48' 50'' E$
B	$52^{\circ} 24' 18'' N$	$93^{\circ} 42' 30'' E$

فلذا أعطيت القيم التالية:

خط العرض	لـ (1°) من خط العرض	لـ (1°) من خط الطول
52°20'	30.423 45M	18.638 16M
52°25'	30.423 87M	18.603 12M

اوجد زاويتي السميت لـ B من A ولـ A من B. ايضا اوجد المسافة (AB).
[الجواب: (308°23'36") و (128°18'35") و 9 021.9 متر]

2-13 كانت زاوية سمت الخط (AB) البالغ طوله 29 623 متر تساوي (23°44'00") وذلك عند نهايته A الواقعة على خط عرض (47°22'40") شمالا وعلى خط طول (0°41'10") شرقا.

اوجد خط عرض وخط طول المحطة B والسميت المعكوس للخط من المحطة B الى اقرب شاذية واحدة.

خط العرض	لـ (1°) من خط الطول	لـ (1°) من خط العرض
47°30'	20.601M	30.399M
47°35'	20.568M	30.399M

(جامعة لندن)

[الجواب: (47°37'32") شمالا و (0°50'50") و (203°51'08")]

2-14 تقدر ان يكون طول خط حدود 60 كم وعلى طول العرض 45°. اوجد المعلومات اللازمة لتثبيت علامات الحدود على مسافات مقدارها 30 كم ، و اشرح عملية التثبيت هذه.

افترض بان 30.45 متر على الدائرة العظمى تقابل (1°) في مركز الارض وان متوسط قيمة نصف قطر الكرة الأرضية هو 6 367 كم وان لوغاريثم R (بالامتار) يساوي 6.803 935 .
[الجواب: طريقة الوتر، زاوية الانشاء تساوي 89°43'48"]
أكبر إزاحة جانبية تساوي 282.7 متر].

المسح التصويري الجوي

Aerial photogrammetry

فكما تلمّح كلمة "المسح التصويري PHOTOGRAMMETRY"، فهي تعني القياسات من الصور، وفي حالة المسح التصويري الجوي فهي القياسات من الصور المأخوذة من الجو.

لأن الاستخدام الرئيس للمسح الجوي هو لتحضير المخططات الكنتورية CONTOUR PLANS من الصور الجوية. حيث تؤخذ الصور على امتداد خطوط مسارات طيران بسبق تمديدها بآلة تصوير جوية AERIAL CAMERA مثبتة في جسم الطائرة بمحورها البصري متجهاً شاقولياً إلى الأسفل (شكل 3-4)، وتسمى كذا صور "بالصور الشاقولية VERTICAL PHOTOGRAPHS"، وهذا هو النوع الوحيد من الصور الذي سيتم التطرق إليه هنا.

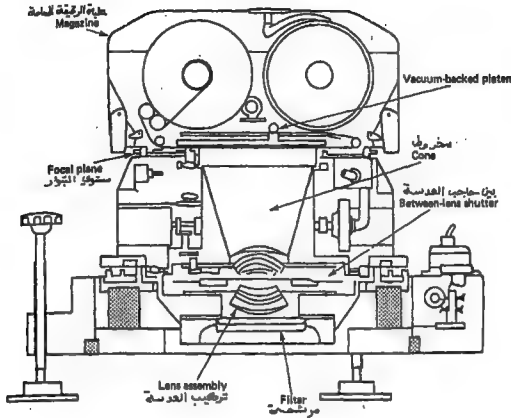
لأن العمليات الأساسية التي تدخل في إنتاج الخارطة الكنتورية CONTOUR PLAN أو النموذج الرقمي الأرضي DIGITAL GROUND MODEL من الصور الجوية هي:

- (A) عملية التصوير PHOTOGRAPHY
- (B) عملية الضبط الأرضي GROUND CONTROL
- (C) منظومة التعديل RESTITUTION SYSTEM

3-1 عملية التصوير PHOTOGRAPHY

تؤخذ الصور أساساً باستخدام رقيقة حساسة مستقرة الاعتماد في آلة تصوير دقيقة (شكل 3-1). من الضروري أن تظهر كافة التفاصيل الطبوغرافية بوضوح وبالتالي تكون مميزة على الصورة، كما ويجب أن يحافظ على العلاقات الهندسية بين الأجسام الأرضية ومحورها بكل دقة. وتنفذ هذه الشروط بشكل عام إلى الظروف الجوية المساعدة وقت التصوير والتي حركة الطائرة ومواضع آلة التصوير والرقيقة الحساسة والمقياس المستخدم والتظهير النهائي للرقيقة الحساسة.

يكون اختيار المواد التصويرية ثم تظهير الرقيقة الحساسة ملكاً للمصورين ذوي الخبرة العالية الذين يستخدمون مهاراتهم الحرفية ومعرفتهم لتقليل التشوهات التي أقل ما يمكن. عموماً، أكثر الرقائق الحساسة شائعة الاستخدام تتحسس للون الأبيض PANOCHROMATIC وتعطى الصور المعروفة باللونين الأسود والأبيض والمستخدم في صناعة الخرائط. تأتي هذه الرقائق الحساسة بطول 120 متر وسرعة حساسية تتراوح بين (200 ASA) و (400 ASA).

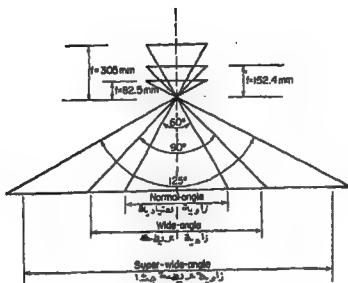


شكل 3-1

يمكن أن تحل الرقطة الحساسة الملوثة محل واحدة اللون عندما يكون تفسير التفاصيل أيضا ذا أهمية، فمثلا، يكون تغير وتمييز الظلال بين ابيض اسود واغوى ابيض في صور الاسود والابيض محدود الى 200 بينما يزداد هذا الرقم بعملية التصوير الملون الى 5000، أيضا يستخدم التصوير بالأشعة تحت الحمراء INFRARED بشكل واسع لكشف اوضاع الخطوط الساحلية والانهر واشكال التمرير DRAINAGE PATTERNS وللتغيرات التي تطرأ على حيوية المزروعات بسبب اشكال الانبات او بسبب المرض، ولظواهر اخرى ككمية التلوث الموجودة في الاوساط المائية.

تكون آلات التصوير المستخدمة في المسح الجوي، كما هي الحال في بقية معدات المساحة، ذات تركيب دقيق وتكون عدساتها ذات مواصفات عالية بحيث يكون التضييب ABERRATION مهما عمليا. فكما هو مبين في الرسم (شكل 3-2) يمكن تصنيف العدسات بشكل عام كما يلي:

- (A) ذات زاوية اعتيادية (60°)
البعد الجوّري f يساوي 82.5 ملم.
- (B) ذات زاوية عريضة (90°)
البعد الجوّري f يساوي 152.4 ملم.
- (C) ذات زاوية عريضة جدا (125°)
البعد الجوّري f يساوي 305.0 ملم.



شكل 2-3

لن العدسات ذات الزوايا الاعتيادية غير شائعة الاستخدام في الوقت الحاضر ، كما أن العدسات ذات الزوايا العريضة جدا (125°) تكون مقتصرة على الفرائط ذات المقاييس الصغيرة، أما من الناحية الهندسية فأكثر العدسات شعبية هي العدسات ذات الزاوية المربعة (90°) المركبة مع قاعدة رفيقة حساسة FILM FORMAT بأبعاد ($230\text{MM} \times 230\text{MM}$)، حيث أن آلة التصوير هي التي تعطي الأبعاد الهندسية الأساسية للصور الجوية والتي هي من مميزات لسطاط المنظور المركزي CENTRAL PERSPECTIVE PROJECTION بالعدسة فيه تمثل نقطة الأصل.

بعد منظومة العدسات يأتي الاعتبار الرئيس التالي وهو حاجب العدسة SHUTTER الذي يجب أن يكون بمقدوره تمرير كامل قاعدة الرقيقة الحساسة للضوء للمدة المطلوبة بالوقت المحدد. بالإضافة إلى ذلك، يجب تقليل حركة الصورة الناتجة - عموماً - عن الحركة الظاهرية للأرض نسبة إلى الطائرة بحيث يمكن إهمالها. ولتحصول على كذا كفاءة يستخدم حاجب عدسة ذو القرص الدوار الذي يثبت بين أجزاء العدسة (شكل 3-1) ، وتركب آلة التصوير بأكملها داخل حامل مقاوم للذبذبات.

لن بمقدور آلة التصوير الجوية إعطاء سرعة حاجب بين ($1/50$) و ($1/2000$) من الثانية. هذا وأن السرعة الأكثر استخداماً من الناحية العملية هي بين ($1/100$) و ($1/1000$) من الثانية، أما معدات تسطيح الرقائق الحساسة المتوفرة فهي منظومات الخواء ذات الضغط الواطئ LOW PRESSURE VACUUM SYSTEMS والتسطيح الكهربائي الذي يتم بواسطة وسادات تضغط على الرقيقة الحساسة. تكون فترة الدورة الكاملة COMPLETE CYCLING TIME لآلة التصوير محدود 1.5 ثانية إلى 2.0 ثانية ، وأقصى تشوهات (بعد التعبير الحذر لآلة التصوير) يكون محدود ($3\mu\text{m}$) إلى ($10\mu\text{m}$) .

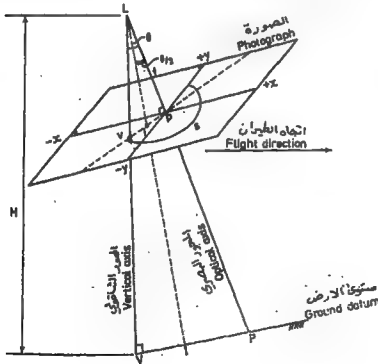
أما شواهد آلة التصوير CAMERA CONSTANTS الناتجة
عن عملية التعبير فهي :
(A) موقع النقطة الرئيسية PRINCIPAL POINT
(B) البعد الجوّي للعدسة
(C) شكل ومقدار التشويه على امتداد موقع التصوير
القطبي.

2-3 الأبعاد الهندسية للصورة الجوية GEOMETRY OF THE AERIAL PHOTOGRAPH

قبل الابتناع بالحاجة إلى الضبط الأرضي GROUND CO-
NTROL والن منظور التعداد RESTITUTION SYSTEM من
الضروري معرفة الأخطاء الموجودة في الصورة الجوية.
غالبا ما يكون سبب هذه الأخطاء "ميل" TILT مستوي القلم
في لحظة أخذ الصورة و"زحف" DISPLACEMENT موقع الجسم
بسبب "التضخمات الأرضية" GROUND RELIEF. لأن ما يجب
التي يكون فيها الموقع منبسطة ومستويا جدا ومحور
الصورة شاقوليا فعلا.

1-2-3 تعريفات Definitions

بسبب ترينج وهبوط الطائرة في حالة الطيران بنذر
أخذ صورة شاقولية حقا. (الشكل 3-3) بجنب صورة شبه
شاقولية بالمحور البصري للعدسة منحرفا بزاوية θ من
الشاقول. فعملها تكون عادة أقل من 3° . أما تعريف
المصطلحات المستخدمة بشكل عام فهي كما يلي:



شكل 3-3

(محور الصورة PHOTO-AXES): هما المحوران (X-Y) المتعامدان حيث ان المحور Y ينتج من توصيل علامتي الاسناد FIDUCIAL MARKS المتقابلتين للصورة ، وهذا هو المحور الذي تقاس منه إحداثيات الصورة. أما المحور X فهو يكون باتجاه الطيران تقريبا .

(المحور البصري OPTICAL AXIS): هو الخط (LpP) من مركز العدسة ويصنع 90° مع مستوى الصورة.

(البعد الرئيس PRINCIPAL DISTANCE): هي المسافة (Lp=f) من العدسة الى مستوى الصورة ، ويتميز آخر يمكن ان يسمى "البعد البؤري FOCAL LENGTH".

(المحور الشاقولي VERTICAL AXIS): هو الخط (LvV) الذي يكون باتجاه الماذبية الارضية ، وهكذا فهو يصنع 90° مع مستوى الاسناد الافقي LEVEL DATUM PLANE.

(الميل TILT): هي الزاوية θ المحصورة بين المحور الشاقولي والمحور البصري (انظر ايضا الى تعريف الخط الرئيس الوارد ذكره ادناه).

(النقطة الرئيسية PRINCIPAL POINT (PP)): هي النقطة التي يقطع المحور البصري فيها الصورة.

(نقطة الشاقول PLUMB POINT): هي النقطة γ حيث يقطع المحور الشاقولي فيها الصورة.

(المركز المشترك ISOCENTRE): هي النقطة α التي يقطع منصف زاوية الميل θ فيها الصورة.

(الخط الرئيس PRINCIPAL LINE): هو الخط (vtp) الواقع في مستوى الصورة الذي يعطي اتجاه اعلى ميل للصورة ، فهو لذن يصنع زاوية θ مع الافق.

(متوازيات الطبق PLATE PARALLELS): هي الخطوط التي تصنع 90° مع الخط الرئيس وهي تشبه خطوط الضرب STRIKE LINES في علم الارض (انظر الجزء الاول/سكوفيلد - شمان 1986 > فقرة 2-1-2)، فهي لذن خطوط مستوية LEVEL LINES.

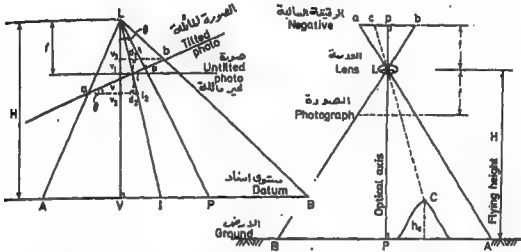
(المتوازي المشترك ISOMETRIC PARALLEL): هي لحدثن متوازيات الطبق المارة بالمركز المشترك مولفة محور ميل الصورة.

(ارتفاع الطيران FLYING HEIGHT): هو الارتفاع الشاقولي "لعدسة" فوق الارض في لحظة تعريف الرقبة المساسة للضوء ، ويساوي (H-h) ، حيث ان H هو ارتفاع العدسة فوق مستوي الاسناد (اعتباريا يكون متوسط مستوي سطح البحر) و h هو متوسط ارتفاع الموقع.

(البرم SWING): هي زاوية S المقاسة باتجاه عقرب

الساعة من محور الـ (+Y) التي نقطة الشاقول في مستوى الصورة، وعليه فإنها تمتد لرتجاه المييل نسبة إلى محوري الصورة، وسيجري الآن بحث مصادر الخطأ هذه.

2-2-3 المقياس وتغيره بسبب التموجات الأرضية



شكل 3-5

شكل 4-3

من الشكل 3-4 يتبين بأن مقياس الصورة هو النسبة بين المسافة على الأرض إلى المسافة الشبكية على الصورة ، وهكذا بواسطة المنظومات المتشابهة:

$$\text{المقياس } S = \frac{ab}{AB} = \frac{f}{H}$$

ففي نقطة C من الجذيعي ان المقياس S يساوي $(f/(H-h))$ وهكذا فإن المقياس S يتغير حسب التموجات الأرضية على امتداد الصورة ، وهو يعطين من المعادلة التالية لارتفاع h:

$$S = \frac{f}{H-h}$$

3-2-3 المقياس وتغيره بسبب الميل

يفترض الشكل 3-5 موقعا مستويا ويعطى كزاوية للميل ، وهكذا فالمقياس عند المركز المشترك هو مشترك بين الصورة المائلة والصورة الشاقولية فعلا.

$$S_1 = \frac{LI}{LI} = \frac{Lv_1}{LV} = \frac{f}{H} \quad \text{(A) المقياس عند المركز المشترك}$$

$$S_2 = \frac{LP}{LP} = \frac{f}{H \sec \theta} \quad \text{(B) المقياس عند النقطة الرئيسية}$$

(C) المقياس عند نقطة الشاقول؛

$$S_1 = \frac{L_0}{LV} = \frac{f \sec \theta}{H}$$

(D) المقياس عند أية نقطة عشوائية (a)؛

$$S_a = \frac{L_a}{LA} = \frac{L_0}{LV} = \frac{L_0 + a \sin \theta}{LV} = \frac{f + a \sin \theta}{H}$$

افرض بان ($a = y_s$) وهي المسافة من المركز المشترك. إذن؛

$$S_s = \frac{f + y_s \sin \theta}{H}$$

(E) المقياس عند أية نقطة عشوائية (b)؛

$$S_b = \frac{L_b}{LB} = \frac{L_0}{LV} = \frac{L_0 - b \sin \theta}{L_0} = \frac{f - b \sin \theta}{H}$$

$$S_b = \frac{f - y_b \sin \theta}{H}$$

وبجعل ($b = y_b$)

وهكذا يمكن لـ S_1 المقياس يتغير باستمرار على طول الخط الرئيس وحسب المسافة من المركز المشترك. ولكن من المثير ، يكون المقياس باستقامة متوازي التطبيق في نقطة معينة ثابتا عندما تكون الارض مستوية. إن المعادلة الأساسية التي تأخذ تموج الارض لا يتغير الاعتبار إذن هي:

$$S = \frac{f \pm y \sin \theta}{H - h} \quad \dots (2-3)$$

وبتعميم المسافة المناسبة من المركز المشترك بالنسبة للنقاط m و p يتم الحصول على المعادلات المبينة في (A) و (C) املاءه فمثلا؛ عند النقطة p ؛

$$S_p = \frac{f - p \sin \theta}{H}$$

وعندما ($p = y_p = f \tan(\theta/2)$) ، إذن؛

$$S_p = \frac{f - f \tan(\theta/2) \sin \theta}{H} = \frac{f - f \left(\frac{\sin \theta/2}{\cos \theta/2} \right) [2 \sin(\theta/2) \cos(\theta/2)]}{H} \\ = \frac{f - f [2 \sin^2(\theta/2)]}{H} = \frac{f [1 - 2 \sin^2(\theta/2)]}{H} = \frac{f \cos \theta}{H}$$

$$\therefore S_p = \frac{f}{H \sec \theta}$$

ونفس الطريقة تتبع بالنسبة لـ m حيث؛

$$y_p = y_p - p = f [\tan \theta - \tan(\theta/2)].$$

والتي عند التعميم تصبح نفس المعادلة المعطاة في الفقرة (C).

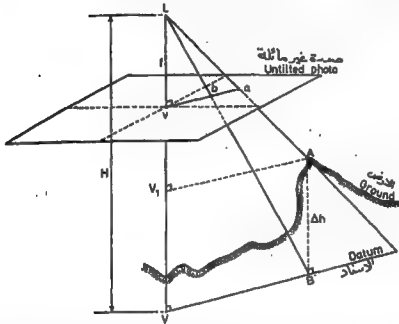
لاحظ بان المعادلة هي موجبة الى الجانب السفلي من الصورة المائلة والعكس بالعكس.

ويمكن إيجاد تعبير المقاييس على طول الخط الرئيسي
بتلخيص التفاضل على المعادلة الأساسية لـ y ، أي:

$$\frac{dy}{dx} = \pm \frac{\sin \theta}{H}$$

3-2-4. إزاحة الشبح بسبب لموج الأرض

Image displacement due to ground relief



شكل 6-3

يظهر (الشكل 6-3) صورة غير مائلة لموقع متموج ،
حيث ستظهر النقطة A في B لذا أسقطت عموديا على
المخطط، وعليه فإن موقعها الصحيح على الصورة هو في b،
وتكون المسافة (ab) هي الإزاحة الناتجة عن ارتفاع A فوق
مستوى الاسناد. فبواسطة المخططات المتشابهة:

$$\frac{va}{V_1A} = \frac{f}{H - \Delta h} = \frac{va}{VB}$$

$$\therefore va(H - \Delta h) = fVB$$

$$\therefore VB = \frac{vbH}{f}$$

$$\text{ولكن } \left(\frac{vb}{VB} = \frac{f}{H} \right) \text{، إذن:}$$

$$va(H - \Delta h) = vbH_g = (va - ab)H \quad \therefore \frac{va}{va - ab} = \frac{H}{H - \Delta h}$$

وهكذا:

$$\therefore vaH - va\Delta h = vaH - abH$$

$$\therefore ab = va\Delta h/H$$

... (3-3)

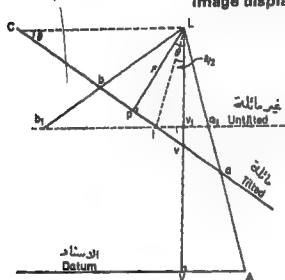
من (المعادلة 3-3) يمكن رؤية أن إجابة زيادة في
ارتفاع الطيران سوف تقلل من الإزاحة (ab) والتي هي
بجورها متناسب طرديا مع ارتفاع الجسم (Δh). أيضا، يمكن
إرشادات أنه إذا بقيت كل من H و (Δh) ثابتة فالإزاحة
ستزداد بازدياد المسافة (va) من نقطة الشاقول.

وهذه الملاحظة الأخيرة هي مهمة في تركيب الخرائط الفسيفسائية MOSAICS ويمكن أن تؤدي إلى استخدام الجزء الوسطي من الصورة فقط.

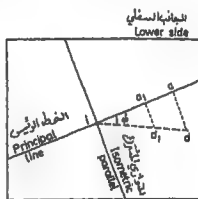
من (الشكل 3-6) يمكن رؤية أن (LV) يوازي (AB) بوضوح أن كليهما شاقوليان، وهكذا فإن (LABV) يوازي مستويها يحتوي v و b و d موازاً فيه كيف أن الإزاحة (ba) هي قطرية من الشاقول (LV) في v التي تمثل نقطة الشاقول في الصورة شبه الشاقولية.

3-2-5 إزالة الشبح بسبب الميل

Image displacement due to tilt



شكل 7-3



شكل 8-3

خذ النقطة d في (الشكل 7-3) التي تبعد مسافة (la) عن المركز المشترك على الصورة المائلة و (la_1) على الصورة غير المائلة ، وهكذا فالإزاحة (Δt) الناتجة عن الميل تعطينا المعادلة:

$$\Delta t = la - la_1$$

$$\therefore \frac{\Delta t}{la} = \frac{la - la_1}{la} = 1 - \left(\frac{la_1}{la} \right) = 1 - \left(\frac{CL}{Ca} \right) = 1 - \left(\frac{f \csc \theta}{Cl + la} \right)$$

$$CL = Cl = (90^\circ - \theta/2),$$

ولكن لما كانت Cl فإن:

$$Cl = CL = f \csc \theta$$

$$\therefore \frac{\Delta t}{ia} = \frac{f \operatorname{cosec} \theta}{f \operatorname{cosec} \theta + ia} = \frac{f \operatorname{cosec} \theta + ia - f \operatorname{cosec} \theta}{f \operatorname{cosec} \theta + ia} = \frac{ia}{f \operatorname{cosec} \theta + ia}$$

$$\therefore \Delta t = \frac{(ia)^2}{f \operatorname{cosec} \theta + ia} = \frac{(ia)^2 \sin \theta}{f + ia \sin \theta}$$

ونفس الشيء يسرى على النقطة b الواقعة على الجانب العلوي من الصورة ، حيث يمكن إثبات أن:

$$\Delta t = \frac{(ib)^2 \sin \theta}{f - ib \sin \theta}$$

فالمعادلة العامة إذن هي:

$$\Delta t = \frac{y^2 \sin \theta}{f \pm y \sin \theta} \quad \dots <4-3>$$

حيث أن y هي المسافة من المركز المشترك مقاسة على طول الخط الرئيس. وتكون الحالة بالتنسبة لآية نقطة "خارجة" من الخط الرئيس كما هي مبينة في <الشكل 8-3>.

$$\begin{aligned} ia &= id \cos \phi & \text{يمكن إثبات أن;} \\ ia_1 &= id_1 \cos \phi & \text{19} \\ dd_1 &= \Delta t_1 & \text{وهكذا فالازاحة (dd_1)} \end{aligned}$$

وبإسقاط هذه الازاحة على الخط الرئيس تعطى:

$$\Delta t = \Delta t_1 \cos \phi = \frac{(y \cos \phi)^2 \sin \theta}{f \pm y \cos \phi \sin \theta}$$

وهكذا ستصبح المعادلة العامة:

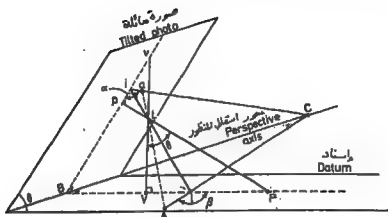
$$\Delta t_1 = \frac{y^2 \sin \theta \cos \phi}{f \pm y \sin \theta \cos \phi} \quad \dots <5-3>$$

ولذا كانت Δt صغيرة فلن ($y \sin \theta \cos \phi$) نهمل بالمقارنة مع f .

$$\therefore \Delta t_1 = \frac{y^2 \sin \theta \cos \phi}{f} \quad \dots <6-3>$$

تفسير المعادلة التي أن الازاحة تتناسب طرديا مع المسافة المربعة من المركز المشترك. وعليه فلن تكون بالكبر قيمة لها عند حافات الصورة. كذلك تفسير بأن زيادة البعد الجوزي لآلة التصوير يساعد في تقليل الازاحة.

فكما سيشار اليه في <الفقرة التالية 3-2-6>، فلن الزوايا المقاسة حول المركز المشترك على صورة ماثلة تساوي الزوايا المقابلة لها على الأرض. ومن هذا ينتج بأن لازاحة الصورة الناتجة عن الميل يجب أن تكون قطرية من المركز المشترك ISOCENTRE.



شكل 3-9

من هندسة السطوح المستوية يمكن إثبات أن أي خط على الصورة المائلة هي (الشكل 3-9) سوف يقطع الخط المقابل له على الأرض باستقامة محور إسقاط المنظور، PERSPECTIVE AXIS.

خذ الزاوية (PIA = β) على الأرض والزاوية المقابلة لها (pica = α) على الصورة حول المركز المشترك، وهكذا ففي المثلثين قائمي الزاوية (BIC) و (BIC)؛

$$\tan \alpha = BC/BI \quad \tan \beta = BC/BI \quad \therefore \tan \alpha / \tan \beta = BI/BI$$

ولكن في المثلث (BIC)؛ $BI = BI$ $\therefore BI = BI$

$$B\hat{I} = B\hat{I} = 90^\circ - \theta/2 \quad \therefore \tan \alpha = \tan \beta \quad \dots (7-3)$$

خذ الآن تركيباً مشابهاً من خلال نقطتي الشاقول V و v وأي نقطة أخرى على الأرض مشاهدة إلى A بالخطين يلتقيان على محور إسقاط المنظور.

ففي المثلثين (BVC) و (BvC) قائمي الزاوية؛

$$\tan \alpha = BC/Bv \quad \tan \beta = BC/BV$$

$$\therefore \frac{\tan \alpha}{\tan \beta} = \frac{BV}{Bv} = \cos \theta \quad \dots (8-3)$$

ونفس الشيء يسرى في P؛

$$\therefore \frac{\tan \alpha}{\tan \beta} = \frac{BP}{Bp} = \sec \theta \quad \dots (9-3)$$

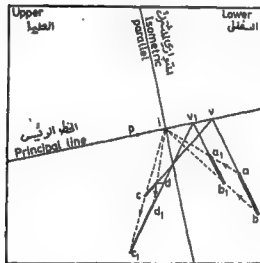
وهذه النسبة الأخيرة هي مهمة خصوصاً عند بحث "رسم الخط القطري RADIAL LINE PLOTTING" الذي يفترض بأن الزوايا حول النقطة الرئيسية على الصورة تساوي الزوايا المقابلة لها على الأرض، وهذا طبعاً هو صحيح فقط بالنسبة للمركز المشترك.

بالإضافة إلى التعويضات المذكورة آنفاً ، هنالك إزاحات أخرى قد تنتج بسبب تغير ارتفاع الطيران وانكسار شعاعات الضوء (خصوصاً بالقرب من جسم الطائرة) وبسبب أخطاء آلة التصوير والاختلاف التصويرية... والخ.

وهكذا يتضح الآن بأن الصورة هي غير مستوية فيما عدا الحالة التي يكون فيها محور الصورة شاقولياً فعلاً والأرض مسطحة ومستوية.

3-2-7 التأثير المركب للميل والتنج

Combined effect of tilt and relief

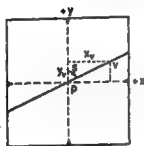


شكل 10-3

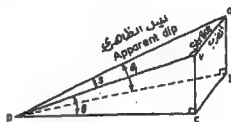
فكما يشير إليه سابقاً ، فالإزاحة التي سببها الميل وتنج الأرض هي ليست قطرية من أية نقطة على الصورة.

يجب (الشكل 10-3) بأن الخط (ab) هو الحافة العليا والسفلى من مبنى مرتفع. وأن الإزاحة الناتجة عن الارتفاع (ab) هي قطرية من نقطة الشاقول، بينما تكون إزاحتها الميلين (a₁b₁) وقطريتين من المركز المشتركة. لاحظ الاتجاه المعاكس للإزاحة على الحافة العليا للصورة.

إن الغرض من معالجة كذا تأثيرات هو: (I) حذف الإزاحة الناجمة عن الميل من خلال تعديل رياضي أو بصرى للصورة ، أي تحويل الصورة المائلة إلى صورة أفقية معادلة لها (II) حذف الإزاحة الناجمة عن الارتفاع على الصورة المعدلة - فمثلاً ، عند التعديل يكون الموقع المكافئ لنقطة الشاقول في (a₁b₁) انظر أيضاً الشكل 7-3 والتي منها تكون إزاحة الارتفاع (a₁b₁) قطرية .

To find the x and y tilts of a photograph

(a)



(b)

شكل 11-3

إذا أعطي البعد الجوّري لالة التصوير وإحداثيات نقطة الشاطئ، يمكن إيجاد الميلين x و y كما يلي:

$$\sin \theta_1 = \frac{ab}{ap} = \frac{pc}{ap} \times \frac{pv}{ap} = \sin \theta \cos S \quad \text{من (الشكل 11-3-B)};$$

وهكذا بالنسبة للميل باتجاه الـ y ، أي (θ_y) :

$$\sin \theta_y = \sin \theta \cos S \quad \dots (10-3)$$

والآن من (الشكل 11-3-A):

$$\cos S = y_p/pv \quad pv = f \tan \theta \dots (3-3) \text{ (انظر الشكل 3-3)}$$

$$\therefore \sin \theta_y = \sin \theta \times \frac{y_p}{f \tan \theta} = \sin \theta \times \frac{y_p}{f} \times \frac{\cos \theta}{\sin \theta}$$

$$\therefore \sin \theta_y = \frac{y_p \cos \theta}{f} \quad \dots (11-3)$$

وبنفس الطريقة: $\sin \theta_x = \sin \theta \cos(90^\circ - S) = \sin \theta \sin S$ ولكن $(\sin S = x_p/pv)$ ، وهكذا يكون الميل باتجاه المحور

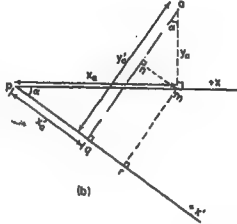
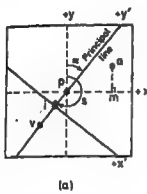
$$\sin \theta_x = \frac{x_p \cos \theta}{f} \quad \dots (12-3)$$

ووضع $(S=0^\circ)$ في المعادلة 10-3 يعطي $(\theta_y=0^\circ)$ ، وهكذا يكون لكافة الخطوط الموازية للخط الرئيس نفس الميل الاعلى، وبوضع $(S=90^\circ)$ يعطي $(\theta_y=0^\circ)$ ، وهكذا تكون كافة الخطوط التي تصنع 90° مع الخط الرئيس (أي متوازيات التطبيق) أفقية.

8-2-3 الإحداثيات الأرضية من صورة مائلة لموقع منبسط

خذ النقطة a في (الشكل 12-3) التي فيست إحداثياتها x و y في الصورة من محوري الاسناد، كذلك معلوم: ارتفاع الطيران H والبعد الجوّري f وزاوية الميل θ والبرم S . من المهم أولاً الحصول على إحداثيات a نسبة إلى محوري الخط الرئيس باخذ المركز المشترك كنقطة أصل (لراحة الميل هي قطرية من المركز المشترك)، أي (x_c) و (y_c) . بوضع (الشكل 12-3-B) تأثيرات الدوران، حيث أن الزاوية

بين المحورين المعنبيين تساوي $(\alpha = 180^\circ + S)$ ، فمقدار الزحف اللازم هو (PI) حيث $(PI = f \tan(\theta/2))$ ، ويعرف خط موازي من P ، فلن نضم الشكل A12-3 بجين بأن الزاوية



شكل 12-3

بين محوري ال x هي α ، وهكذا فمن <الشكل B12-3>:

$$x'_p = pr - qr = x_p \cos \alpha - y_p \sin \alpha \quad y'_p = ar + mr = y_p \cos \alpha + x_p \sin \alpha$$

وللحصول على الشكل العام لهاتين المعادلتين عوضاً عن $(180^\circ + S)$ محل به واجمع الزحف $(PI = f \tan(\theta/2))$ للحصول على نقطة الأصل الجديدة في I ، عليه:

$$x' = -x \cos S + y \sin S \quad \dots <13-3>$$

$$y' = -x \sin S - y \cos S + f \tan(\theta/2) \quad \dots <14-3>$$

حيث أن x و y هما إحداثيات الصورة المقاسين من محوري الاسناد.

ويمكن الآن تطبيق <المعادلة 2-3> الخاصة بالمقاييس على الصورة المائلة على الإحداثيات الجديدة لتعطي الإحداثيات الأرضية X و Y كما يلي:

$$X = K x' \quad Y = K y' \quad \text{حيث أن: } K = H / (f - y \sin \theta)$$

3-2-10 الإحداثيات الأرضية من صورة مائلة لموقع متموج

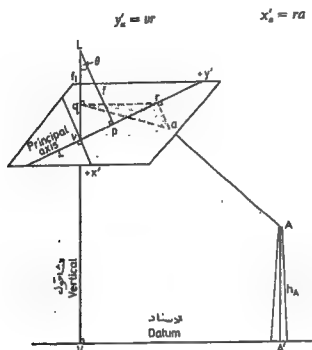
لأن المعلومات في هذه الحالة مطابقة لتلك المعلومات المعطاة في الفقرة 3-2-9، إذاً الارتفاعات h للنقاط في السؤال.

لما كان تأثير تموج الأرض من نقطة الشاقول قطرياً، فلن الدوران والانتقال TRANSLATION هما هذه المرة نسبة v ، حيث أن $(pv = f \tan \theta)$ وعليه:

$$x' = -x \cos S + y \sin S \quad \dots <15-3>$$

$$y' = -x \sin S - y \cos S + f \tan \theta \quad \dots <16-3>$$

وهذا من (الشكل 3-13) تكون الاحداثيات الجديدة له :



شكل 3-13

والآن بهتم التعديل الرياضى لكل نقطة باعتبار أن هنالك مستويات أفقية تمر بمستويات النقاط المطبق للنقاط موضوعة البحث، فمثلاً، في حالة النقطة q فإن المستوى الأفقى الذى يمر من خلالها هو (qrd) وبذلك تكون الاحداثيات المعدلة :

$$y'_e = qr = y_e \cos \theta$$

$$x'_e = ra = x_e a$$

والبعد الجوى الجديد الذى يتفق مع مستوى التعديل هو الآن :

$$f_1 = Lq = Lp - qp = f \sec \theta - y_e \sin \theta$$

والآن لدينا صورة غير مائلة للنقطة الأرضية A ببعد جوى جديد f_1 . وبقي الآن فقط ضرب إحداثيات الصورة بمقياسها المناسب كما فى (الفقرة 2-2-3) معطياً :

$$x_A = x'_e \frac{(H - h_A)}{f}$$

$$y_A = y'_e \frac{(H - h_A)}{f}$$

مثال 2-25 : تقع النقطتان A و B على ارتفاع 10م و 40م فوق مستوى الاسناد على التوالي، وقد تم تمويرهما على صورة جوية شبه شاقولية مأخوذة من ارتفاع 2000م بواسطة آلة تصوير ذات بعد جوى مقداره 152م. وقد قيست إحداثيات الصورة للنقطتين من محورى الاسناد بواسطة معايير COMPARATOR وكانت كما يلى :

	x ملم	y ملم
a -	50.00	+ 100.00
b -	100.00	+ 80.00

فلذا كان الميل 2° والجزم 20° ، اوجد المسافة الارضية
الافقية (AB) .

الحل

$$\begin{aligned}x'_p &= -50 \cos 20^\circ + 100 \sin 20^\circ = -12.78 \text{ mm} \\y'_p &= -50 \sin 20^\circ - 100 \cos 20^\circ + 152 \tan 2^\circ = -105.76 \text{ mm} \\x'_b &= 100 \cos 20^\circ + 80 \sin 20^\circ = +121.33 \text{ mm} \\y'_b &= 100 \sin 20^\circ - 80 \cos 20^\circ + 152 \tan 2^\circ = -35.66 \text{ mm}\end{aligned}$$

والاحداثيات المعدلة:

$$\begin{aligned}x''_p &= x'_p = -12.78 \text{ mm} \\y''_p &= y'_p \cos 2^\circ = -105.70 \text{ mm} \\x''_b &= x'_b = +121.33 \text{ mm} \\y''_b &= y'_b \cos 2^\circ = -35.64 \text{ mm}\end{aligned}$$

والبعد الجوزي الجديد للنقطتين:

$$\begin{aligned}f_{1a} &= f \sec \theta - y''_p \sin \theta = 152 \sec 2^\circ + 105.76 \sin 2^\circ = 155.78 \text{ mm} \\f_{1b} &= f \sec \theta - y''_b \sin \theta = 152 \sec 2^\circ + 35.66 \sin 2^\circ = 153.33 \text{ mm}\end{aligned}$$

والاحداثيات الارضية:

$$\begin{aligned}X_A &= \frac{x''_p(H - h_a)}{f_{1a}} = \frac{-12.78(2000 - 10.00)}{155.78} = -163.26 \text{ m} \\Y_A &= \frac{y''_p(H - h_a)}{f_{1a}} = \frac{-105.70 \times 1990}{155.78} = -1350.26 \text{ m} \\X_B &= \frac{x''_b(H - h_b)}{f_{1b}} = \frac{121.33(2000 - 40.00)}{153.33} = +1550.95 \text{ m} \\Y_B &= \frac{y''_b(H - h_b)}{f_{1b}} = \frac{-35.64 \times 1960}{153.33} = -455.58 \text{ m}\end{aligned}$$

والمسافة الارضية D :

$$D = (\Delta X^2 + \Delta Y^2)^{\frac{1}{2}} = (1714.21^2 + 849.68^2)^{\frac{1}{2}} = 1933.64 \text{ m}$$

يهيئ المثال اعلاه لتوضيح الحاجة الى منظومة
تعديل لتصحيح قياسات الصورة عن تأثيرات الازاحات
الناتجة عن الميل وعن التموجات الارضية.

3-3 القبط الارضي GROUND CONTROL

يعتبر إنشاء نقاط ضبط ارضي متميزة بوضوح على
الصورة الجوية مهما جدا في عملية المسح الجوي.

لأن اقل عدد مطلوب من النقاط للصورة الواحدة يتألف
من نقطتين على المستوى PLAN POINTS للسيطرة على
المقياس وشلاط نقاط ارتفاع للسيطرة على المنسوب في
النموذج الفراغي SPATIAL MODEL. يجب ان يكون الضبط
الارضى مثبت بطرق المسح الاعتيادية اكثر ضبطا من ذلك
الذي ينتج من منظومة تعديل اعمال المسح التصويري.

فبعد إجراء اختبار تجسيمي للصور يقوم المساح
بإعطاء فكرة عن توزيع نقاط الضبط وعن مواقعها ودرجة

خطها، ومن ثم يقوم بتثبيت هذه المعلومات على الصور. ومن هذا يتضح بأن نقاط الضبط يجب أن تحوى تفاصيل تكون اصلا متميزة بوضوح على الصور.

يجب أن يكون نوع التفصيل المختار متسجما مع عملية القياس التصويرى التى تتلخص بوضع نقطة عامة على النموذج التجسيمي STEREO MODEL، فمثلا، لاجل إعداد خرائط بقياس (1/2500) يجب أن يكون مقياس الصورة محدود (1/10 000). فإذا كان قطر النقطة العامة لالة الرسم PLOTTER يساوى (40 μ m) فإن قطر الهدف يجب أن يكون بحدود 400 ملم لكى يمكنه من احتواء النقطة العامة بدون أن يحجب بها. وهكذا يمكن أن تكون نقطة الضبط المناسبة وسط غطاء حوى تفتيش MANHOLE كبير ولبيست النقاط الدقيقة المرتبطة اعتياديا بمحطات الضبط، كذلك بالنسبة للضبط العمودى، فإن النقاط المختارة يجب أن تقع فى ارض مستوية افقية خالية من المزروعات، ويجب تجنب الانحدارات القوية والقمم لتقليل الخطأ، الارتفاعات الكبيرة الناتجة عن توقييع رديء للنقطة العامة.

يعتمد مقدار الضبط المطلوب بشكل كبير على المقياس وعلى درجة الضبط ACCURACY المطلوبة للخريطة. من المتبع فى الخرائط الهندسية ذات المقياس (1/500) تجهيز نقطتين فى الأقل لضبط المقياس والاتجاه وثلاث نقاط لضبط المنسوب لكل صورة.

3-3-1 الضبط باستخدام نقاط مسلة التأشير

تكون نقاط الضبط المستخدمة عموما فى انتاج الخرائط الهندسية ذات المقاييس الكبيرة اهدافا سبق تعيينها، وتوفر مواقع هذه الاهداف من التموير الابتدائى وبعد تثبيتها يتم الطيران فوق الموقع ثانية.

يكون نوع الهدف المستخدم بشكل عام عبارة عن طيب ابهى كبير مصنوع من مادة مقاومة طول اطرافه بحدود 2م ومرصها 0.25م، فحجمه يدل على مقياس الصورة التى حد كبير، كما سبق الاشارة اليه، وهكذا يجب أن يكون الهدف كبيرا لكى يكون مرئيا بوضوح فى الصور، كما يجب أن يكون صغيرا بحيث يكفى لتوفير مساحة مناسبة للنقطة العامة. ولو أن التأشير المسبق هو اكثر كلفة من استخدام التفاصيل الموقعية، ولكن بالامكان تثبيت الاهداف بشكل يضمن استخدامها فى مرحلة لاحقة لافراض السيطرة على اعمال التسطيط SETTING OUT.

3-3-2 متطلبات درجة الضبط Accuracy requirements

إن القواعد العامة المطلوبة لدرجة الضبط فى تثبيت الضبط الارضى هي:
(A) (+0.02% H) للخرائط الهندسية ذات المقاييس الكبيرة
(B) (+0.03% H) للخرائط الهندسية ذات المقاييس المتوسطة
(C) (+0.05% H) للخرائط الطبوغرافية ذات المقاييس

المصغرة، حيث أن H هو ارتفاع الطيران وهو يرتبط بدرجة ضبط الارتفاع H رسم المسح التصويري، وتنطبق المواصفات على كلا الموقع الأفقي PLANIMETRIC POSITION والضبط العمودي HIGHT CONTROL، وهكذا يجب أن تكون قيمة H للتصوير بمقياس $(1/10\ 000)$ باستخدام عدسة بزاوية عريضة $(f=150MM)$ مساوية 1500م. ويكون الضبط الأرضي بدرجة ضبط ACCURACY مقدارها $(\pm 0.3M)$ في الحالة (A) أعلاه. وبالأستناد إلى هذه المعلومات يمكن إيجاد طريقة ملائمة لأعمال المسح.

كذلك تستخدم طرق المسح الاعتيادية لإكمال التقاميل على الخارطة والتي كانت محبوبة في الصورة بالضوء أو الوهج أو الظل أو الأشجار أو أية عوائق أخرى.

3-3-3 التثليث (بقياس الزوايا) بواسطة المسح الجوي

يمكن استخدام أعمال التثليث بقياس الزوايا-TRIANGULATION المأخوذة من الجو لأعمال الفراكت ذات المقاييس المصغرة ودرجات الضبط الواطئة، فهذه الطريقة تعطى ضبطاً مباشراً من الصور، وفي ذلك تقليل في كمية أعمال الضبط الأرضي المنجز بطرق المسح الاعتيادية وبالتالي تقليلاً في كلفتها.

يمكن استخدام التثليث بواسطة المسح الجوي لتعيين نقاط الضبط ذات البعدين أو الثلاثة أبعاد، إما بطرق التناظر ANALOGUE في الراسمات الدقيقة أو بالطريقة التحليلية فقط، إن رسم الخطوط القطرية هي طريقة تخطيطية وأن تراكيب القاعدة المخرمة SLOTTED TEMPLATE هي طريقة ميكانيكية، وكلا الطريقتين تستخدمان لأعمال التثليث الجوي ذات البعدين، حيث تكون فيها نقاط الضبط الثانوية مثبتة نسبة إلى نقطتي ضبط أرضيتين فقط، تقع كل منهما عند أحد طرفي الشريط (انظر الفقرة 3-5-3).

في طريقة التناظر، يتم ربط كل نموذج تجسيمي بالذي يليه، وهكذا يتكون شريط من الإحداثيات النموذجية MODEL CO-ORDINATES، ومن ثم يتم ربط كل شريط بالذي يليه وبذلك سيتكون بالنهاية طاقماً من الإحداثيات الكتلية BLOCK CO-ORDINATES. وبسبب تكون الأخطاء في هذه العملية يتوجب إجراء تعديل للإحداثيات في كل من الشريط والكتلة قبل تحويلها لتتوافق مع الضبط الأرضي.

تولف أعمال التثليث الجوي جزءاً مهماً جداً من أعمال المسح الجوي وقد تم هنا ذكره فقط باختصار حيث أنه خارج عن نطاق هذا الكتاب.

FLIGHT PLANNING

3-4 التخطيط لعملية الطيران

تتغير مواصفات الطيران لمشروع معين تبعاً لنوع المشروع، فمثلاً، عملية التصوير التي تتم لأغراض

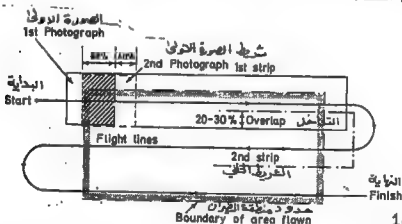
تفسيرية لا تتطلب نفس التخطيط المسهب المطلوب لأعمال
الخرائط ذات المقاييس الكبيرة.

إن العوامل الرئيسية التي تؤخذ بنظر الاعتبار هي
اتجاهات خطوط الطيران وتداخل الصور والمقياس وارتفاع
الطيران، وهناك بعض من هذه العوامل لا يمكن الحصول
عليها إلا بعد الشروع بالطيران. فمثلاً، يمكن احتساب
اتجاه الطيران والفترة الزمنية بين لقطات الصور فقط
عندما تكون سرعة الريح في وقت الطيران معروفة. كذلك،
فإن أخذ فكرة عن عدد الصور المطلوبة يفيد لتحديد عدد
طبقات الرقائط الحساسة المصطبغة. كما أن إجراء تخطيط
لخطوط الطيران سيفيد أيضاً في معرفة الالتفافات TURNS
المناسبة للاستفادة منها في عملية تغيير طبقات الرقائط
الحساسة.

إن ارتفاع الطيران يعتمد على عدة عوامل تمتد من
إمكانات الطائرة وظروف الموقع ومتطلبات أعمال المسح
التي نوع منظومة التعديل (أو الرسم) التي ستستخدم،
وهكذا فإن عملية تخطيط الطيران هي مهارة تتطلب
تخطيطاً معتمداً في كافة مراحلها المختلفة.

3-4-1 اتجاه خطوط الطيران Direction of flight lines

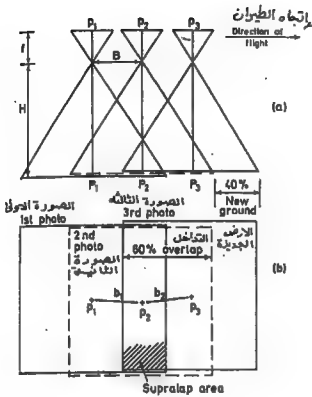
عموماً يكون اتجاه الطيران فوق الموقع بحيث يوازي
ضلعه الأطول ليعطي أقل عدد من الشرائط STRIPS. وبهذه
الطريقة يتم تقليل الالتفافات والمسالك غير المنتجة
التي أدنى حد.



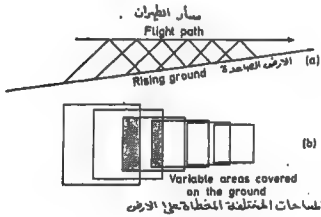
شكل 3-14

عند وجود مساحات كبيرة ذات مناسيب متباينة
كامتدادات الجبال أو الهضاب يمكن أن تكون خطوط
الطيران موازية لهذه التضاريس لتجنب التغير الفجائي
بالمقياس.

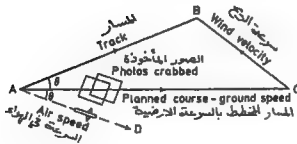
إن كل صورة في الشريط تتداخل مع الصورة التي
تسبقها بمقدار (60%)، وهكذا تكون نسبة الأرض الجديدة
التي تغطي في كل صورة (40%)، والغرض من التداخل هو
STEREOSCOPIC VIEWING السماع للمشاهدة التجسيمية.



شكل 3-15



شكل 3-16



شكل 3-17

للموقع. كذلك يتداخل كل شريط من الصور مع الشريط الذي يسبقه بـ (20%) التي (30%) (شكل 3-14) وبذلك يتم الحصول على تغطية كاملة للموقع.

يبين (الشكل 3-15) بوضوح التداخل المسيطر عليه نطاقيا بواسطة جهاز ضبط الفترة INTERVALOMETER في آلة التصوير الجوية ، حيث تدعى المسافة B بين كل صورتين جويتين "القاعدة الجوية AIR BASE" بينما تسمى المسافة المقابلة لها في الصورة "قاعدة الصورة PHOTO BASE". وبسبب التداخل فلن التفتيتين الرئيسيتين للصورتين المتجاورتين ستظهران على الصورة الوسطية. إن قواعد الصور هي في الحقيقة تمثل اتجاه الطيران.

عند الطيران فوق ارض ذات صعود منتظم يجب التمرن على الاعتناء ، حيث ان العسل في ذلك قد يؤدي الى خسارة كاملة للتداخل المطلوب في كلا الاتجاهين الطولي والعرضي (شكل 3-16)، ويمكن التغلب على الخسارة الحاملة في التداخل بالاتجاه الطولي بزيادة فترة اللقطة التصويرية EXPOSURE INTERVAL ، بينما يجب ان تبين خطوط الطيران على اقل تداخل عرضي فوق ارض، لضمان الحصول على التداخل العرضي المطلوب).

كذلك فلن الطيران يمكن ان يتاثر بالرياح الجانبية (شكل 3-17) مؤدية بذلك الى انحراف الطائرة عن المسار المخطط لها ، ويمكن حل المثلث (ABC) اعطاء قيمة θ ، ويتم تصحيح الطائرة الى المسار (AD) "سرعة هواء" ثابتة، وتدعى سرعة الهواء التي تجعل الطائرة تنحرف عن المسار المخطط لها (AC) بسرعة مختلفة "السرعة الارضية GROUND SPEED". وهكذا، إذا لم تكن آلة التصوير مثبتة باتجاه الطيران فلن الصورة ستكون منحرفة كما هو مجرى والذي يؤدي الى حصول فراغات في التغطية ، ويتم تصحيح هذه الحالة بـ "تثبيت الانجراف DRIFTING SETTING" حيث تدور آلة التصوير بزاوية θ حول الممر الشاقولي لمركزها. وقد ادت المناظير والالات التصويرية الحديثة الى إزالة هذه العقبة الى حد كبير.

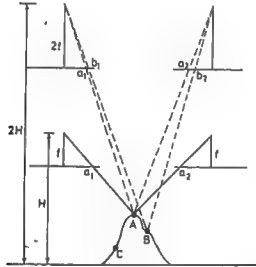
3-4-2 المقياس وارتفاع الطيران

سوف يعتمد مقياس التصوير على تقنيات تجميع الخرائط المستخدمة، ففي طرق الخطوط القطرية التخطيطية او الميكانيكية يكون مقياس الصورة عادة اكبر من مقياس الخارطة لاجل تقليل تجمع الاخطاء ، فلذا تم اعداد الخارطة براسمات تجسيمية STEREO PLOTTERS فلن مقياس الصورة يكون اعتياديا اصغر. وعلى سبيل المثال ، غالباً ما يستخدم مقياس تصوير (1/12 500) لانتاج خرائط بمقياس (1/2500). فكما تشير اليه سابقا، يكون ارتفاع الطيران H بدلالة المقياس ، وهكذا فلن استخدام آلة تصوير اعتيادية بزاوية عريضة ($f = 152\text{MM}$) لمقياس تصوير (1/12 500) سيعطى :

$$H = 1900 \text{ M.} \quad \therefore H = 1/12 \ 500 = 0.152/H \quad f/H$$

فعندما يكون هنالك تغيرات كبيرة في التضاريس الأرضية أو عندما يحوي الموقع عددا كبيرا من المباني المرتفعة يمكن أن يتطلب الأمر زيادة ارتفاع الطيران، لأن إحدى مميزات رسم الخطوط القطرية هي أن مقدار التغير في التضاريس يجب أن لا يزيد على $(H/10)$. وهكذا، لهذا لابد استخدام هذه الطريقة في الرسم سيكون له H علاقة بالتغيرات الموجودة في مناسيب الأرض.

يمكن أيضا أن تسيطر طريقة الارتفاع على ارتفاع الطيران، وهنالك عدد من الراسمات التجسيمية التي يعطى لها المعامل C الذي يربط ارتفاع الطيران بأصغر فترة كنتورية، وهكذا فمعامل C بمقداره 2000 سيستخدم عملية تصوير مأخوذة على ارتفاع يساوي 2000 مرة بقدر الفترة الكنتورية المستخدمة. ويمكن أن تؤثر حركة الأشباح الناتجة عن حركة آلة التصوير في لحظة التقاط الصورة كثيرا على نوعية الصورة، ويمكن تقليل هذا التأثير بالطيران على ارتفاع أعلى بسرعه أبطأ وباستخدام سرع غلق أكبر لحاجب العدسة. وحيث أن هنالك حدود مقبولة لحركة الأشباح فسيكون لها تأثير على مقدار ارتفاع الطيران.



شكل 3-18

يمكن أن يؤدي استخدام العدسات ذات الزاوية العريضة بارتفاع طيران مقداره H إلى حجب الكثير من التفاصيل الأرضية عندما يكون هنالك أراضي كثيرة التلال (شكل 3-18) أو عندما يكون هنالك مباني مرتفعة كثيرا في شوارع ضيقة كما في المدن. أي أن هنالك أرض مبيتة DEAD GROUND في B و C ، كما يمكن أن يصعب تناول عملية التصوير هذه تجسيميا، مع ذلك فاستخدام عدسة بزاوية ضيقة (NARROW ANGLE) $(2f)$ على ارتفاع طيران مضاعف مقداره $(2H)$ سيعطي عملية تصوير مماثلة وبنفس المقاييس، كذلك ستظهر أشباح كافة النقاط الثلاث A و B و C عند التصوير بعدسة بزاوية اعتيادية بينما لا يظهر شبح B

و في حالة التصوير بعدسة جزاوية عريضة. وهذه الحالة
لذن يمكن ان تكون عاملا مساعدا في تقرير ارتفاع
الطيران.

وتنفيذ الامثلة الواردة اعلاه في توضيح التعقيدات
الموجودة في تحديد المطالبات الملائمة للطيران.

3-4-3 احتساب كلفة المشروع

لن عدد الصور المطلوبة لتغطية موقع معين سوف لن
يقيد في تخمين كلفة العمل فحسب وإنما ايضا لتقدير
كمية الرقائق الحساسة المطلوبة ولتعيين المواقع التي
يجب عندها تبديل علب الرقائق الحساسة، حيث يجب تبديل
الرقائق الحساسة خلال الالتقاط لن امكن.

خذ موقعا بابعاد (200KM x 100KM) المطلوب بان يكون
الطيران فوقه بمعدل مقياس (1/10 000)، فبهذا المقياس
تكون مساحة الموقع (20M x 10M) في الوقت الذي تكون فيه
ابعاد الصورة (230MM x 230MM) حيث ان (60%) منها متداخل.
وهكذا تكون مساحة الارض الجديدة المغطاة بهذا المقياس
(40%) من 230 MM. = 92 MM.
لذن يكون عدد الصور لكل شريط: $218 = 20\ 000 \div 92\ MM.$
اي 218 صورة زائدا صورتين في كل نهاية لضمان التغطية
الكاملة، وبذلك يكون المجموع 222 صورة.

وبنفس الطريقة يكون عدد الشرائط (يفرض تداخل
عريض مقداره (30%): (شريط) $63 = 10\ 000 \div (70\% + 230MM)$
لذن يصبح العدد الكلي للصور: (صورة) $13\ 986 = 222 \times 63$

يتضح، بشكل عام، بان التخطيط الدقيق هو ضروري
لضمان اكمال المشروع بشكل مرضي واقتصادي. فيجب تحضير
الخرائط المطلوبة للطيران باعتناء لغرض استخدامها من
قبل الملاح الذي سيتمكن بجمعونة المناظير واللات التصوير
الحديثة من التركيز على تنفيذ المشروع.

3-5 رسم الخطوط القطرية RADIAL-LINE PLOTTING

بسبب الاختفاء والتشويشات الملازمة للصورة الجوية،
يجب استخدام احدث اشكال منظومات التصحيح لانتاج
الخرائط، وتناسب درجة ضبط منظومة التصحيح المستخدمة،
عموما، طرديا مع كلفتها. كذلك فلن التكبير من مقياس
الصورة الى مقياس الخارطة سيؤدي الى تكبير للاخطاء
الموجودة فيها يتناسب معه، ما لم يكن قد تم تقبل
هذه الاخطاء بواسطة منظومة تصحيح مناسبة. وهكذا يمكن
ان تتطلب الخرائط ذات المقاييس الكبيرة المستخدمة
التي حد كبير من قبل المهندس ادق انواع التصحيح. وهكذا
فلنّها ستكون اكثر كلفة. وفيما يلي تصنيفا عريضا
لمنظومات التصحيح المتوفرة:

- (A) تصحيح دقيق: يقرأ الى حد 0.01 ملم: تكبير 8 مرات
 (B) تصحيح طوبوغرافي: يقرأ الى حد 0.01 ملم: تكبير 4 مرات
 (C) تصحيح تقريبي: يقرأ الى حد 0.4 ملم: تكبير مرتين
 (D) تصحيح مباشر: يقرأ الى حد 0.4 ملم: تكبير 0.1 مرة

حيث يقطع رسم الخطوط القطرية ضمن الصنف الاخير وهو اسلوب بسيط ومباشر لاعداد الفراط من صور منفردة.

فكما اشير اليه سابقا، فلن تأثيرات الميل والتموج تسبب زحفا لنقاط الشبح من مواقعها الحقيقية على الخارطة حيث تكون الازاحة الناتجة:

- (A) عن الميل قطرية من المركز المشترك ISOCENTRE.
 (B) عن التموج قطرية من نقطة الشاقول PLUMB POINT.

مع ذلك، فعندما يكون الميل والتموج محدودين يمكن افتراض ان لـازاحة الشبح هي قطرية من النقطة الرئيسية PRINCIPAL POINT للصورة والتي يسهل تعيينها.

قطارما تبين التعديلات المذكورة اعلاه سائدة فلن الطريقة تعطى نتائج معقولة جدا يمكن تطبيقها من قبل المهندس بشكل مفيد في تحديث الفراط القديمة وفي لنتائج الفراط الاستطلاعية للاستقصاءات الاولى للمشاريع

3-5-1 أسس الطريقة

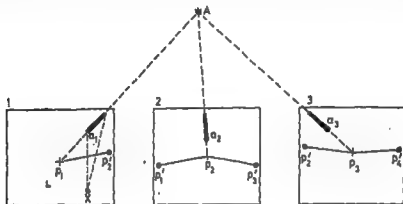
تعتبر الطريقة بان الزوايا المقاسة حول النقطة الرئيسية التي نقاط من التقاصيل تساوي ما يقابلها من الزوايا على الارض، ولو ان هذه الفرضية، وكما تم توضيحه في تحليل الصورة، غير صحيحة بسبب الازاحات الناجمة عن الارتفاع والميل،

خذ الان صور عمودية فعلا (شكل 3-19)، فستنطبق نقطة الشاقول على النقطة الرئيسية (PP) لعدم وجود ميل، وستكون الازاحات الناتجة عن ارتفاع المدخنة الممثلة اشباحها بـ d_1 و d_2 و d_3 قطرية من النقطة الرئيسية (PP)،

وهكذا فالتقاطع الثلاثي TRISECTION للمدخنة من كل واحدة من الصور الثلاث سيعطى موقع المدخنة كما هو في الاسقاط العمودي للخارطة، فلو كانت قد اختيرت اية نقطة اخرى مثل X على الصورة لنتج موقعين للمدخنة، وهذا بالطبع غير مقبول. فالطريقة هي لذن مشابهة جدا لطريقة التقاطع الخلفي RESECTION على اللوحة المستوية PLANE TABLE.

اما في التطبيق العملي، فكل صورة تقريبا تحوي ميلا وهذا يؤدي الى حالة عدم وجود اى موقع على الصورة بـ "زاوية حقيقية"، فمن البديهي لذن انه يمكن استخدام النقطة الرئيسية فقط عندما تكون لـازاحات الارتفاع

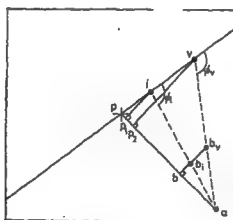
والميل ضمن حدود مقبولة، ويمكن إثبات أن هذه الحدود يمكن تحقيقها فقط عندما يكون الميل محددًا بـ 2° وتغيير نموج الأرض لا يزيد على (10%) من ارتفاع الطيران بناتًا. وتسمى هذه الفرضية "فرضية أرونديل ASSUMPTION"، حيث أن أرونديل هو اسم المكان الذي تم فيه تجريب وفحص الطريقة بشكل كامل.



شكل 19-3

3-5-2 البات فرضية أرونديل

لخذ تأثيرات الميل أولا ، وافترض بأن خطأ الرسم الذي يقل عن 0.5 ملم بهمل، (الشكل 20-3) بجين النقطة a على صورة مائلة، فإذا رسمت a بطرق الخطوط القطرية باستخدام المركز المشترك l ، فإنها ستثبت في موقعها الحقيقي في p ، أي ستكون مصححة عن الميل.



شكل 20-3

وتشير «المعادلة 3-6» من «الفقرة 3-2-5» بأن الانزاحة الناتجة عن الميل (ab_l) هي:

$$ab_l = \frac{f}{a^2} \sin \theta \cos \phi_l$$

مع ذلك ، ولما كان من المقرر استخدام p لرسم الخط القطري فإن p ستكون شاجتة في b بحميلة من خطأ رسم مقدار (Δb_l) ، وحيث أن مقدار الميل سيكون عموما أقل من 3° فإن $(lpa \approx \phi_l)$. $\therefore lp_l = lp \sin \phi_l = f \tan(\theta/2) \sin \phi_l$

ومن تشابه المثلثات:

$$b_1 b = \frac{ip_1 \times ab_1}{ia}$$

$$= \frac{f \tan(\theta/2) \sin \phi_1 \times ia^2 \sin \theta \cos \phi_1}{ia \times f}$$

$$= ia \sin \theta \tan(\theta/2) \sin \phi_1 \cos \phi_1$$

$$\tan(\theta/2) = \frac{\sin(\theta/2)}{\cos(\theta/2)} \quad \text{ولكن:}$$

ثم ان:

$$\sin \theta = 2 \sin(\theta/2) \cos(\theta/2)$$

$$\sin \phi_1 \cos \phi_1 = \frac{1}{2} \sin 2\phi_1 \quad \text{و:}$$

$$b_1 b = ia \frac{1}{2} \sin(2\phi_1) 2 \sin^2(\theta/2) \quad \text{والتي عند التعويض تعطى:}$$

$$2 \sin^2(\theta/2) \approx \theta^2/2 \quad \text{وحيث ان } \theta \text{ صغيرة فلن}$$

$$\therefore b_1 b = \frac{ia \theta^2 \sin 2\phi_1}{4}$$

من هذه المعادلة بتوضيح بان الخطأ هو باء على قيمة له عندما تكون ($\theta = 45^\circ$) والذي للرقيقة الحساسة باء بعد (230MM x 230MM) سيعطي اعلى قيمة لـ (a) مقدارها 162 ملم. فلذا افترضت زاوية 2° للميل فلن التعويض في المعادلة سيعطي ($b_1 b = 0.05\text{MM}$). وهكذا طالما ان الميل محدد باء قل من 2° فلن الخطأ الناجم عن استخدام النقطة الرئيسية يكون مهملا.

خذ الآن تاثير تموج الارض. ففي هذه الحالة ، لردا رسمت a بطرق الخطوط القطرية باستخدام نقطة الشاقول ، ستكون ثابتة في b_p اي مصححة عن لزاجة الارتفاع. وتشير (المعادلة 3-3) في (الفقرة 3-2-4) الى ان: $ab_p = av(\Delta h/H)$

مع ذلك لردا رسمت من P فلننا سثبت في b بحميلة من الخطأ مقدارها ($b b_p$). ومن تشابه المثلثات:

$$b b_p = \frac{vp_2 \times ab_p}{av}$$

$$vp_2 = pv \sin \phi_p \text{ (assuming } vpa \approx \phi_p)$$

ولكن:

$$vp_2 = f \tan \theta \sin \phi_p$$

وهكذا:

$$\therefore b b_p = \frac{f \tan \theta \sin \phi_p \Delta h}{H}$$

والذي يجيب بان اعلى قيمة لـ ($b b_p$) تحدث عندما ($\phi_p = 90^\circ$). فيفرض ان θ تساوي 2° (ثابتة من التحليل السابق) و ($f = 152\text{MM}$) و ($b b_p = 0.5\text{MM}$):

$$\frac{\Delta h}{H} = \frac{b b_p}{f \tan \theta} = \frac{0.5}{152 \times 0.035} \approx \frac{1}{10}$$

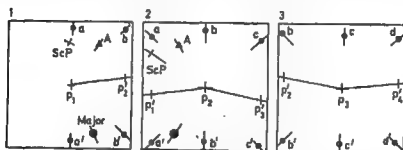
وهكذا ، ولأجل الخروج بخطأ رسم مهمل عند استخدام النقطة الرئيسية (PP) ، فإن تموج الأرض يجب أن لا يزيد على (10%) من ارتفاع الطيران.

وهذان العاملان (المسميان بفرضية ارونديل) هما المحددين الاثنين لطريقة الخطوط القطرية.

3-5-3 تحضير الصور Preparation of photographs

إن الخطوات التالية ضرورية في تحضير الصور:

(1) تأشير خط القاعدة
بم تعيين موقع النقطة الرئيسية (PP) لكل صورة بالطريقة الاعتيادية وتشخص ويتم تعريفها باستخدام رموز مناسبة ، وهكذا يكون موقع النقطة الرئيسية في مناطق الداخل الآن معروفا ، أي موقع P_1 على الصورة 1 مثلا. فلذا وقعت هذه النقاط على نقاط من التفاصيل التي يسهل تعيين مواقعها على الصور المشتركة ، عندها يسهل تأشيرها. ولذا وقعت في مكان خال من المعالم أو على الماء فإن أفضل طريقة لتحويلها تكون باستخدام جهاز التجسيم STEREOSCOPE وذلك باستخدام إحدى أنواع العلامات العائمة FLOATING MARKS ، وتكون قطعان من اللدائن الشفافة بعلامة الصليب المتماشية مرسومة على كل منهما مثاليتين لهذا الغرض، فافرضي بأنه قد طلب تحويل P_1 إلى الصورة 1؛ وهكذا توضع كلا الصورتين تحت جهاز التجسيم لتكوين النموذج المجسم STEREO MODEL ، حيث توضع إحدى العلامتين فوق P_1 تماما في الصورة 2 بينما تحرك العلامة الثانية حول المنطقة المطلوبة في الصورة 1 حتى تظهر العلامتان كأنهما علامة واحدة. ويتم الآن تمرير العلامة في الصورة 1 باتجاه محور الخ حتى تظهر النقطة المتطابقة شاذة على الأرض ، وهذا هو إذن موقع P_2 في الصورة 1. وتنعكس هذه الحالة عند تحويل P_1 إلى الصورة 2. وعندما يتم تحديد مواقع كافة النقاط الرئيسية يتم توصيلها ببعضها لتكوين خطوط القاعدة ، وستظهر كالنقاط الرئيسية في الشكل 21-3.



● Minor control points
النقاط الثانوية للضغط

▲ Ground control points
نقاط الضبط الأرضي

● Major tie points
نقاط الربط الكبرى

شكل 21-3

(2) النقاط الثانوية للضغط (MCP) هي نقاط من التفاصيل على الصور يسهل تمييزها كخطوط الطرقات والأركان

الاسيجة ..والخ. ويتم اختيارها من مواقع معينة في (الشكل 3-21). ويجب أن يكون بعد نقطة الضبط الثانوية من النقطة الرئيسية مساويا تقريبا إلى قيمة متوسط خطوط القاعدة التي تظهر على تلك الصورة المطبوعة لضمان تقاطع جيد. ويجب أن تكون على ارتفاع يساوي متوسط ارتفاع الموقع ومريضة بوضوح على ثلاث صور متتالية إن أمكن.

(3) نقاط الضبط الأرضي (GCP) و نقاط الربط (TIE POINTS (TP)

ويتم الآن تعيين مواقع نقاط الضبط الأرضي الأفقية وتشتمل ثم تعلم جرس شكل مثلث حولها. وعندما يكون هنالك كتلة من الشرائط عندها يتوجب استخدام نقاط إضافية تعرف بـ "نقاط الربط (TP)" في الداخل العرضي لربط الشرائط المتجاورة، ولكل من أول صورتين وآخر صورتين من الشريط نقاط ربط يتم اختيارها بشكل عام والتي تدعى أحيانا "النقاط الكبرى MAJOR POINTS". ويجب أن تكون هنالك نقطة ربط (TP) عند كل رابع نقطة رئيسية، ويمكن أن تكون نقطة الضبط الأرضي الثانوية (MCP) المسبق تحديدها نفسها نقطة الربط (TP).

(4) نقطة المقياس (Scale Point (SeP)

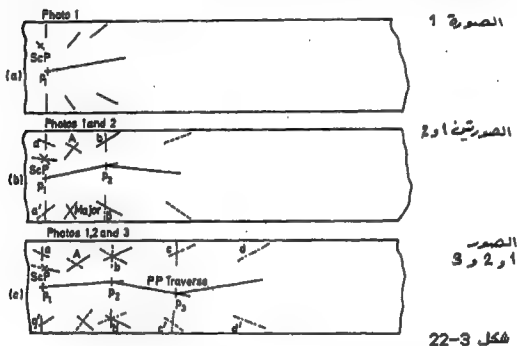
يتم اختيار نقطة المقياس (SeP) لتثبيت مقياس كامل الشريط، ويجب أن تكون هذه النقطة واقعة على ارتفاع يساوي متوسط ارتفاع الشريط، كما يمكن أن تكون نقطة المقياس نقطة ضبط ثانوية (MCP) أو حتى نقطة ضبط أرضي (GCP) إذا لزم الأمر بالمتطلبات.

وعند الانتهاء من تثبيت كل هذه النقاط يتم رسم خطوط قطرية قصيرة من خلالها ومن النقطة الرئيسية (PP) في كل صورة. وبذلك يتم تمثيل الصور والتي ستظهر كما في (الشكل 3-21).

3-5-4. إنشاء مخطط الخطوط القطرية

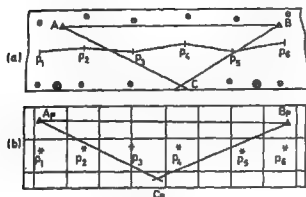
بسبب العوامل المتعددة التي سبق وأن نوقشت، يجب أن يكون معلوما بأن كل صورة في الشريط تختلف عن غيرها بالمقياس، وأول خطوة إذن هي إيجاد شريط للصور بمقياس مشترك، وكما يلي: يتم تثبيت شريط من مادة رسم من اللدائن المستقرة على الصورة الأولى ويتم استنساخ البيانات التالية: الموقع الدقيق لـ P_1 و (SeP) فقط زاحدا خطوط القطرية من خلال بقية التقاصيل وخط القاعدة. سيظهر المخطط كما هو مبين في (الشكل 3-22). فنرفع الصورة الأولى ويتم تحويل اللوحة الدنية فوق الصورة الثانية بوضع القاعدة المرسومة عليها فوق القاعدة (P₂ P₁) في الصورة الثانية، وبهذا الوضع يتم تحريكها إلى الخلف وإلى الأمام حتى يتقاطع الخط القطري المار بـ (SeP) مع الموقع المرسوم لـ (SeP).

وبهذا الوضع تمسك اللوحة وتؤشر P_1 مع كافة الخطوط القطرية الأخرى، فتظهر اللوحة الآن كما هي (الشكل B22) والآن توضع اللوحة البديلة فوق الصورة الثالثة ويتم ربطها بشكل ملائم بال قاعدة (P_1/P_2) ، ثم تحرك إلى الخلف والى الأمام حتى يقطع الخطان القطريان P_1 و P_2 النقطتين a و b عند ذلك تمسك اللوحة وتستنسخ نقطة التعاميل كما هو مبين في (الشكل 22-3). وتستمر العملية إلى نهاية الشريط مكونة بذلك "مضلع النقطة الرئيسية PRINCIPAL POINT TRAVERSE" بمقياس رسم مشترك ولكن غير معروف، وسيكون المقياس عبارة عن نسخة المسافة ($P_1 - ScP$) على الصورة إلى المسافة المقابلة لها على الألف. وحيث أن (ScP) هي متوسط ارتفاع الموقع فإنها ستساوي متوسط المقياس لكافة الصور في الشريط.



الخطوة التالية هي تحويل مقياس الشريط إلى مقياس معلوم ، أو بالاحرى إلى المقياس التجميعي SCALE. للخارطة المطلوب إعدادها ، وهذا يتم بسهولة باستخدام طريقة النقاط الثلاثة، فافرض بأنه عندما يكتمل الشريط يظهر كما في (الشكل A23-3) حيث قد تم توصيل نقطتي الضبط A و B بخط مستقيم واختبرت النقطة الثالثة C لتكون مثلاً متزناً جداً WELL CONDITIONED، ويتم الآن تشبيكه بشريط ثان بدقته بالمقياس المطلوب ، ثم ترسم فوقه نقاط الضبط الأرضي في A و B ويوضع هذا الشريط فوق الشريط الأول $B - A$ فوق A والخط ($A - B$) باستقامة $B - C$ ثم يرسم الخط القطري بحيث يمر بـ C ، ويتم تحريك الشريط الآن لجعل B فوق B واستقامة A ، ثم يرسم خط قطري ثانى ليمر بـ C ، وهذا يعطى الموقع بالمقياس الصحيح $C - A$ ، وتكرر هذه العملية باستخدام كل ثلاثة نقاط بالتسلسل ، وترسم الخطوط القطرية من خلال النقطة الرئيسية (PP)، وهذه النقاط الثلاثة تغطي النقاط الرئيسية (PP) في

مواقعها بالمقياس الصحيح (شكل 3-23)، وتكرر العملية لتعطي مواقع الـ (MCP) ... والخ.



شكل 3-23

يمكن ان يتم الآن رسم التفاصيل بوضع الصورة 1 تحت اللوحة المشبكة بنقطةها الرئيسية (PP) تحت P_1 وتضبط استقامة القاعدة، من ثم ترسم خطوط قطرية من P_1 الى كافة نقاط التفاصيل المهمة، ايضاً، توضع الصورة 2 تحت P_2 وترسم خطوط قطرية لتحديد النقاط المطلوبة، والان يمكن رسم بقية التفاصيل يدوياً بين مجموعتي النقاط التي تم تثبيت مواقعها بدقة وذلك باحتساب القيم الوضعية بينها.

3-5-5 التعديل الكتلي Block adjustment

عندما يكون هنالك اكثر من شريط واحد، يجب ان تكون الشرائط ثابتة نسبة الى بعضها بالمقياس الصحيح.

يتم إنشاء المشبك الرئيس وتثبيت كافة نقاط الضبط الارضي عليه، حيث يعدل الشريط الاول بموجب المشبك الرئيس بنقطة في الضبط الارضي في A_p و B_p ، من ثم يعدل الشريط الثاني بموجب الشريط الاول باستخدام نقطة الربط الكبير (TP) MAJOR الموجودة في التداخل العرضي، وهكذا بالنسبة لباقي الشرائط. وبشكل عام، سيتم العثور على فروقات بين نقاط الربط المتتالية والتي، إذا كانت صغيرة (اصغر من ملم)، يمكن ان تعدل من خلال حركة بسيطة للأزاحات المتساوية للشرائط، أما إذا كانت الفروقات كبيرة فلن يتم تقاس بفروقات التشريق والتشميل وتجمع هذه القيم ويستخرج وسطها الحسابي جبرياً، من ثم يجري توزيع الشرائط بانتظام بمقدار هذا الوسط الحسابي لاعطاء المتطابق، ولقد ابقى شرح التعديل الكتلي في باقل قدر ممكن من التفصيل لانه حتماً سيتم بطريقتي القوالب الرقمية SLOTTED TEMPLATES الميكانيكية.

3-6 تركيبة القالب الرقبي المخرم

4. SLOTTED-TEMPLATE ASSEMBLY

إن طريقة القالب الرقبي المخرم هي طريقة شبه

ميكانيكية لإنتاج مخطط الخطوط القطرية ، وقاعدة العمل بها هي كما في الطرق سالفة الذكر.

Preparation of template

1-6-3 تحضير القالب الرقبي

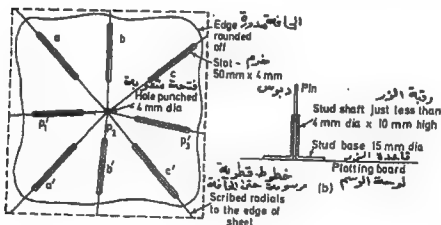
يتم تحضير الصور بنقش الطريقة المتبعة على رسم الخطوط القطرية تماما، فيما عدا نقطة الربط (TP) ونقطة المقياس (ScP). وتكون نقاط الضبط الثانوية (MCP) الموجودة في التداخل العرضي كافية لربط الشرائط المتجاورة.

من ثم يتم تغطية الصورة بصفحة بلاستيكية شفافة حيث توضح النقطة الرئيسية (PP) وترسم الخطوط القطرية بواسطة ابرة دقيقة. بعد هذا، نختب فتحة على (PP) بدقة والتي ستسمح بوضع القالب على نتوء في آلة قطع القالب المفرد حيث يخرم القالب بموجب الخطوط القطرية المرسومة عليه بدقة، ثم تظن اركان القالب بشكل داخلي لتسهيل المركبة. وهكذا سيظهر القالب الرقبي للصورة 2 في (الشكل 21-3) كما في (الشكل 3- A24).

Template assembly

2-6-3 ترقية اللزب

والان يتم تشجيعك لوحدة رسم بدقة ، ويرسم الضبط الارضي عليها ، وتثبت دبابيس دقيقة على نقاط الضبط الارضي (GCP) بدقة. وتوضع ازرار على هذه الدبابيس كما هو مبين في (الشكل 3- B24). وتكون هذه الازرار باللوان مختلفة لتسهيل نقاط الضبط الارضي (GCP) عن نقاط الضبط الثانوية (MCP) وعن النقاط الرئيسية (PP).

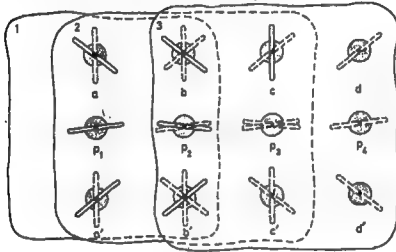


(a)

شكل 24-3

عند وضع القوالب على لوحة الرسم ، يشرع عادة بالترابط الذي يحوي اكثر عدد من نقاط الضبط الارضي ، وهذا يسمح بتثبيت مقياس وسمت التركيبية ASSEMBLY على درجة من الضبط. فبالنظر الى الصورة في (الشكل 21-3) ، يوضع الخرم SLOT الذي يمثل نقطة الضبط الارضي A على

الزر المناسب المثبت على اللوحة، ويوضع الآن زر في كل من الخروم المتبقية وفي شطب النقطة الرئيسية (PP) حيث تكون الأضرار حرة الحركة في داخل الخروم وعلى طولها، ثم توضع خروم القالب الثاني على ما يتناسبها من الأضرار في القالب الأول وتتم ببقية الخروم مرة ثانية بالأضرار، وتستمر هذه العملية حتى يتم التوصل إلى ضبط أرضي ثانٍ، لأنه من غير المحتمل أن ينطبق الخرم المناسب على زر الضبط الأرضي المدب على اللوحة، وهكذا يمكن أن تدعم الحاجة إلى تضيق أو مط كامل التركيبة بهدوء، وستتمركز الأضرار بموجب هذا داخل خرومها. وهكذا فإن كل الأضرار ستأخذ مواقعها الصحيحة في الخرم وحسب المقياس بفضل إمكانيتها من الحركة الحرة داخل وعلى طول الخروم الشائعة المتقاطعة في القوالب (شكل 3-25).



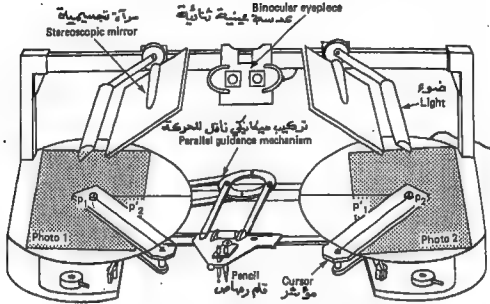
شكل 3-25

فبعد أن تم تثبيت المقياس توضع باقي الشرائط الآن بنفس الطريقة على نقاط الضبط الأرضي (GCP) ونقاط الضبط الثانوية (MCP) في منطقة التداخل العرضي، ثم يسمح لكامل التركيبة بأن تستقر وتثبت دبابيس في الأضرار الفارغة، وعندها ترفع القوالب TEMPLATES.

إن الفائدة الرئيسية من هذه الطريقة هي أنها تلغي أعمال تثبيت المقياس كما أنها تلغي التعديلات الكتنبوية BLOCK ADJUSTMENTS في طرق الخلط القلمية التخطيطية.

3-6-3 الأخطاء

يمكن أن تنجم الأخطاء نتيجة لتطبيق القوالب عند وضعها في مواقعها، والأسباب الرئيسية لذلك هي: (I) التحضير الرديء للصورة (II) قم غير مضبوط للقالب (III) السهو في رسم الضبط الأرضي (IV) خطأ في حسابات الخط الأرضي (V) خطأ في تشخيص النقاط (VI) ميل كبير في الصورة، والتي في هذه الحالة يجب أن تعدل ويحضر قالب جديد (VII) تموج كبير في الأرض والذي قد يؤدي إلى ضرورة استخدام نقطة الشاقول بدلاً من النقطة الرئيسية.



شكل 3-26 راسمة الخطوط القطرية

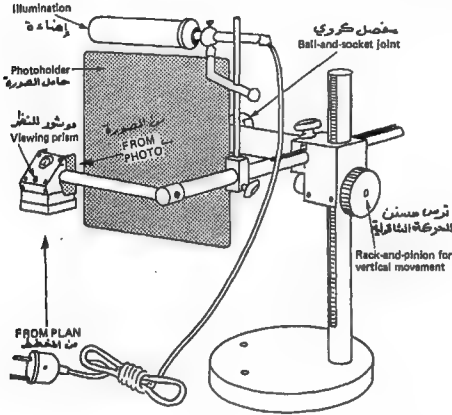
إن راسمة الخطوط القطرية هي آلة بسيطة جدا (شكل 3-26) تعطى تعدبلا تقريبا للصورة الجوية وتعمل بنقش مبدأ التقاطع التخطيطي GRAPHICAL INTERSECTION المذكور، حيث يتم تثبيت خط القاعدة للمورتين ويتم تثبيت المورتين حول نقطتيهما الرئيسيتين على الطبقين الأفقيين للجهاز، يتم بعدها تدوير المورتين حتى يصبح خط القاعدة باستقامة واحدة، عند ذلك تثبت المورتان على الطبقين حيث تكونان جاهزين للمشاهدة التجسيمية - راجع (الفقرة 3-7). وكما هو موضح فإن هناك عتلة (مؤشر) فوق كل من المورتين تدور حول النقطة الرئيسية، فعندما تشاهد المورتان بالمنظار التجسيمي STEREOSCOPE تقاطع الخطوط القطرية لتكوين صليبا على النموذج التجسيمي ثلاثي الأبعاد لمنطقة التداخل في المورتين، وستسمح حركة قلم الرسم إلى تحريك الطبق فوق نظام ميل مختارة والتي بهذه الطريقة ترسم على الفارطة المراد تحديثها.

إن للماكينة إمكانية تكبير محدود ($\times 0.5$) إلى ($\times 2$) وهي لا تعبر للميل اعتبارا، مع ذلك، كملاحظة تعديل تقريبية فهي لا تتطلب معرفة مسبقة أو تدريب، وهي رخيصة نسبيا وتوفر إجابة أبسط وأسرع بكثير من الطرق التخطيطة.

5-6-3 آلة التخطيط Sketchmaster

من المناسب، في هذه المرحلة أن نذكر آلة بسيطة أخرى التي يمكن أن تستخدم من قبل المهندس بسهولة لتحديث المرسومات المتوفرة والمنتجة من المور الجوية.

وكذا جهاز يدعى "آلة تخطيط SKETCHMASTER" (شكل 3-27)، وهي راسمة بسيطة عاكسة تعطي تعديدا تقريبا للصورة الجوية واحدة.



شكل 3-27 آلة تخطيط صنع زايز

تتألف هذه الآلة أساسا من حامل للصورة وموشور للنظر والذي يمكن أن يتحرك بالاتجاهين الشاقولي والافقي بواسطة تركيبة ميكانيكية موهبة من قضيبين وترسين. مسننين، أما حامل الصورة فهو مثبت على تركيب كروي يسمح بالحركة بكافة الاتجاهات، وعند النظر في عينية الموشور يمكن رؤية الصورة وهي تغطي الخارطة، كما وأن إمكانية المركبة المذكورة أعلاه تسمح لشبح الصورة الكفافية بأن يقاس بنفس مقاييس الخارطة، ونحيث أن مقاييس الصورة هو غير منتظم على امتدادها، فإن الحاجة ستدعو إلى التعامل مع كل مساحة صغيرة منها على حدة وبمتسلسل، وهذه الطريقة يمكن نقل التفاصيل الموجودة في الصورة يدويا مباشرة على الخارطة القديمة.

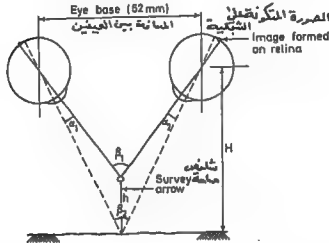
STEREOSCOPY

7-3 عملية الملاحظة التجسيمية

لقد تم البحث لحد الآن في إنتاج تفاصيل المقاييس المستوية فقط، أما "عملية الملاحظة التجسيمية" فهي عملية الرؤية بثلاثة أبعاد وهي تمكن من الحصول على البعد الشاقولي، وسيجرى الآن توضيح تطبيق عملية الرؤية

التجسيمية على المسح الجوي من خلال ربط عمليات الرؤية البشرية بعمليات الرؤية من خلال آلة التصوير الجوية والتي تؤدي إلى إنتاج أزواج من الصور المتداخلة.

7-1- الرؤية التجسيمية في أعمال المسح الجوي



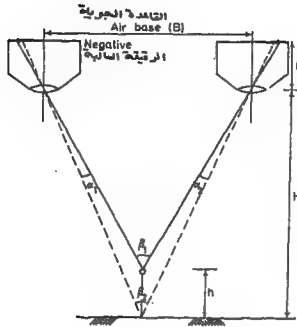
شكل 28-3

خذ الآن توضيحاً مبسطاً لعملية الرؤية عند النظر إلى الأسفل إلى شاخص مغروس في الأرض (شكل 28-3). حيث يشاهد الشاخص في وقت واحد ومن موقعين مختلفين، فالصورتان تتطابق لتكوّن صورة في الدماغ ثلاثية الأبعاد، وتسمى الزاويتان α_1 و α_2 "زاويتا التلم" ANGLES OF CONVERGENCE، ويمكن أن تعرفا بأنهما قابلية العينين على الدوران في مجال حركتهما في وقت واحد، أما قابلية التكيف FOCUSING على مسافات مختلفة فتسمى "التكيف" ACCOMMODATION، بينما تسمى السيطرة على تغيير فتحة بؤبؤ العين "الملاءمة" ADAPTATION، وتسمى الزاويتان β_1 و β_2 "زاويتا الاختلاف النظري" PARALLACTIC ANGLES وهما بدلالة التحسس التجسيمي لارتفاع h ، أي:

$$h = f(\beta_1 - \beta_2) = f(\alpha_1 - \alpha_2)$$

فالفهم العام يقول لنا بأنه إذا أخذ شخص إلى ارتفاع 2000 م مثلاً، فإن زاويتي اختلاف النظر ستكونان صغيرتان جداً بحيث تجعل تمييز الارتفاع غير ممكن، وتظهر الاختلافات النظر الأفقية HORIZONTAL PARALLAXES للشاخص على شكلية العين، وهذه تكون بدلالة زوايا اختلاف النظر وهذا يدهي من الشكل.

فكما أن الفهم العام قد بين أن هنالك علاقة واضحة بين القاعدة في العين (أو في الهواء) وارتفاع الطيران في تعيين الارتفاع، عليه يجب زيادة المسافة بين العينين بشكل كبير عند الطيران، كما مبيّن في الشكل 29-3، ويمكن الآن فهم التشابه بين الرؤية البشرية وعملية المسح الجوي بكل وضوح.



شكل 29-3

فلذا طبعت الآن الرفائيق السالبة بشكل مور (موجبة) وشوهدت في آن واحد بحيث أن العين اليسرى تشاهد الصورة اليسرى فقط والعين اليمنى تشاهد الصورة اليمنى فقط ، ستتكون صورة في الدماغ ، بجلاشة ابغاد ، ويمكن الحصول على الحالة المذكورة أعلاه بكل سهولة عند مشاهدة المورتين في جهاز التجسيم كما في الشكل 3-3-30. فالصورة ثلاثية الابعاد المتكونة تتسمين بالنموذج المجسم STEREO MODEL وتسمين المورتان المستخدمتان لذلك الزوج التجسمي STEREO PAIR. عموما ، يكون النموذج المجسم مضغما ، ويمكن ان يكون هذا مقيدا في عملية الارتفاع ، خصوصا عندما تكون طبيعة الموقع مستوية. وهكذا يمكن تخطيط عملية التصوير بحيث تزيد او تقلل هذا التأثير . فلذا كانت قيمة f ثابتة ، فمن نسبة القاعدة الى الارتفاع يمكن الاضبات بانهم لاجل تقليل ارتفاع الطيران الى النصف يجب مضاعفة تأثير الارتفاع HEIGHT OF IMPRESSION. كذلك يمكن الاضبات بان زيادة مسافة الرؤية في جهاز التجسيم تعطي زيادة متناسبة في تأثير الارتفاع.

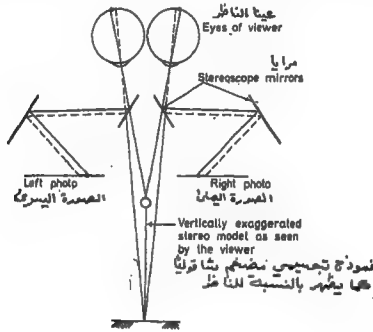
2-7-3 ظاهرة اختلاف النظر Parallax

فكما هو مبين سابقا ، يكون الارتفاع التجسمي بدلالة زوايا اختلاف النظر والتي بدورها تكون بدلالة الاختلافات الافقية بالنظر HORIZONTAL PARALLAX. وحيث ان الزوايا تحدث في الفضاء فإنه لا يمكن قياسها من على الصورة الجوية. وهكذا يمكن استخدام الاختلافات الافقية في النظر لامطاء الارتفاعات الشاقولية.

يجب (الشكل 31-3) زوجا تجسميا بالوضعين الافقي والعمودي ، والمطلوب قياس اختلاف النظر (P_p). للنقطة A.

يعرف اختلاف النظر لنقطة ما A بأنه حركتها الظاهرية الموازية لخط القاعدة في العين EYE BASE عندما تشاهد من موقعين مختلفين، وهكذا تظهر A في a_1 عندما تشاهد من L_1 وفي a_2 عندما تشاهد من L_2 ، وبداخل المورثين تظهر الحركة الظاهرية A بمقدار (a_1, a_2) أي أن (L_1, a_1) يوازي (L_2, a_2) ، وهكذا يتبين بأن اختلاف نظار A هو "الفرق الجبري لمركبتي x".

$$\therefore P_A = a_1 a_2 = [x_1 - (-x_2)] = (x_1 + x_2)$$



شكل 30-3

لاحظ جيداً: بأن المركبتين x تقاس دائماً بموازاة قائمة الممورة وليس بموازاة محور الاستاد، فحينما يشير هذا إلى أن بالإمكان قياس اختلاف نظار نقطة ما بسهولة. من الممورة باستخدام مسطرة بسيطة. في الحقيقة، لأن ما يقاس هو الفرق في اختلاف النظر بين النقطتين وكما سيتم شرحه فيما بعد.

3-7-3 المعادلة الأساسية لاختلاف النظر

يمكن استنتاج هذه المعادلة بسهولة من الشكل 3-31 الذي فيه المثلثين (L_1, L_2, A) و (a_1, a_2, A) متشابهين:

$$\frac{a_2 a_1}{L_1 L_2} = \frac{L_1 L_2}{H - h_A}$$

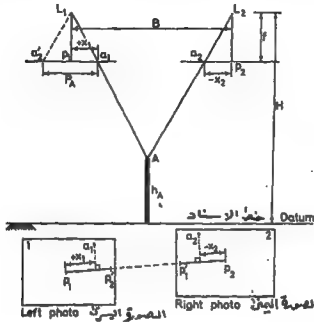
$$a_2 a_1 = P_A \quad \text{و} \quad L_1 L_2 = B$$

ولكن:

$$\therefore P_A = \frac{fB}{(H - h_A)}$$

... (17-3)

وكما هو مبين في <الشكل 31-3> فلن <المعادلة 17-3> تفترض مورا شاقولية تماما وماخوذة من ارتفاع واحد بالضبط ، وهذه الحالة نادرة ما تمتد، وهكذا فلن الارتفاعات المستخرجة باستخدام هذه المعادلة غالبا ما تسمى "الارتفاعات الخام CRUDE HEIGHTS".



شكل 31-3

من مقياس الصورة المعروف أن: $b/B = f/(H-h)$ (المقاييس) حيث أن b هي متوسط قيمة قاعدة الصورة $(b_1 + b_2)/2 = b$ و h هو متوسط ارتفاع الموقع.

$$\therefore B = \frac{b(H-h)}{f}$$

والتي عندما نعوض في <المعادلة 17-3> نحصل:

$$P_A = \frac{b(H-h)}{H-h_A}$$

وحيث أن $(H-h)$ هو متوسط ارتفاع الطيران ، فهو غالبا يكتب:

$$P_A = \frac{bH_0}{H-h_A}$$

<18-3>...

مع ذلك وكما ذكر سابقا ، فلننا ممارسة عملية أن يقاس الفرق باختلاف النظر (ΔP) بين نقطتين باستخدام جهاز يسمى "قضيب اختلاف النظر PARALLAX BAR". وهكذا بالخذ النقطتين A و C فنظر الاعتبار:

$$P_A = \frac{fB}{H-h_A}$$

$$P_C = \frac{fB}{H-h_C}$$

$$\begin{aligned} \therefore (H - h_A) &= fB/P_A \quad \text{و} \quad (H - h_C) = fB/P_C \\ \therefore (H - h_C) - (H - h_A) &= h_A - h_C = \Delta h_{AC} \\ &= fB(1/P_C - 1/P_A) = fB \left(\frac{P_A - P_C}{P_A P_C} \right) \end{aligned}$$

ولكن؛ (الفرق باختلاف النظر بين A و C) $P_A - P_C = \Delta P_{AC}$

$$\therefore \Delta h_{AC} = \frac{fB}{P_A} \times \frac{\Delta P_{AC}}{P_C}$$

$$P_C = P_A + \Delta P_{AC}$$

وحيث أن؛

$$\Delta h_{AC} = \frac{fB}{P_A} \times \frac{\Delta P_{AC}}{P_A + \Delta P_{AC}}$$

$$\Delta h_{AC} = \frac{(H - h_A) \Delta P_{AC}}{P_A + \Delta P_{AC}}$$

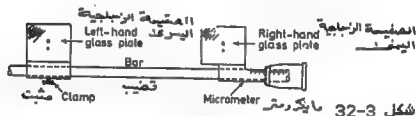
إذن ؛
(3-19) ...

وفي الاراضى المستوية نسبيا يكون المقدار (ΔP_{AC}) الذى
فى المقام مهملا ، وهكذا ؛

$$\Delta h_{AC} = \frac{(H - h_A) \Delta P_{AC}}{P_A} \quad \text{... (3-20)}$$

وبتمحيص المعادلة الاساسية 3-17 يتبين بأنه إذا زادت h_A فلن P_A يجب أن تزداد ايضا ، وهكذا فالقاعدة المهمة
فى اختلافات النظر الناجمة عن الارتفاع هي ؛ كلما كانت
النقطة عالية ، كلما كان لاختلاف نظرها اكبر.

3-7-4 قياس اختلاف النظر



شكل 3-32 مايكرومتر

يتم قياس اختلاف النظر الناجم عن الارتفاع عادة ،
باستخدام قضيب اختلاف النظر (شكل 3-32). فتتألف هذه
الالة اساسا من قضيب يحمل مصفيحتين زجاجيتين مخدوشة
عليهما نقطتين صغيرتين واخرتين كبيرتين حيث تستخدم
النقطتان الصغيرتان عند مشاهدة النموذج الجسم وهو
مكبر ، فالصفحة اليسرى يمكن تحريكها بأي اتجاه على
طول القضيب كما يمكن تثبيتها ، أما المصفيحة اليمنى
فتتحرك فقط من خلال تمرير المايكروميتر. وتتم قياسات
اختلاف النظر بدرجة ضبط مقدارها 0.01 ملم.

أما قياس الارتفاع فيكون كما يلي؛ تثبت الصورتان
اولا بحيث يكون خطا قاعدتيهما فى مستوى واحد للمشاهدة

- (A) باستخدام معادلة اختلاف النظر الأساسية ($P_A = fB/H - h_A$) احسب اختلاف النظر (P_A) لنقطة الضبط الارضية ذات المنسوب المعلوم h_A وستكون كلا من (fB) و H_0 معلومة ايضا - راجع الفقرة 3-7-6 .
- (B) خذ قراءة قضيب اختلاف النظر على النقطتين الشبكتين a_1 و a_2 لنقطة الضبط الارضي A .
- (C) والان خذ قراءة القضيب على النقطة C ، فالفرق بين القراءة على A والقراءة على C سيساوي (ΔP_{AC}) .
- (D) ولما كانت P_A معلومة فإن ($P_C = P_A \pm \Delta P_{AC}$) حيث تكون موجبة إذا كانت C أعلى من A وسالبة إذا كانت C اوطأ منها .
- وان كون C أعلى او اوطأ من A فهذا يمكن الكشف عنه من فهم النموذج المجسم و/او من قراءات القضيب .
- (E) والان لحسب منسوب النقطة C أي (h_C) من المعادلة الأساسية ($P_C = fB/H - h_C$) ، وبطريقة أخرى يمكن احساب ($\Delta h_C = (H - h_A) \Delta P_{AC} / P_A + \Delta P_{AC}$) ، وبمعرفة منسوب A يمكن الحصول على منسوب C .
- (F) وتستمر الان هذه العملية ، فمثلا : سنعطي قراءة القضيب على نقطة D المقدار (ΔP_{AD}) والذي يمكن الحصول منه على (h_D) او (Δh_{AD}) وكما مبين في (D) و (E) اعلاه .

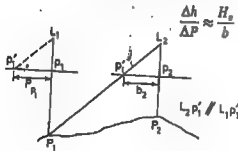
3-7-6 الخطأ في معادلة اختلاف النظر

لا يفترض بالتحليل التالي ان يعطى مؤشرا الدرجة الضبط ACCURACY التي يمكن بها الحصول على الارتفاعات من لاختلاف النظر .

(1) قياس لاختلاف النظر (ΔP)

يمكن تعريف الدقة المطلوبة لقراءات القضيب كما يلي: يمكن - بواسطة مرسم بسيط - إثبات ان لاختلاف نظر النقطة الرئيسية P_1 يساوي طول خط قاعدة الصورة b_1 ، بينما يكون لاختلاف نظر النقطة P_2 مساويا b_2 - انظر الشكل 3-34 ، وهكذا فإن اختلاف نظر النقاط الرئيسية (PP) هو b ، والتي تعوض في المعادلة 3-20 لتعطي:

$$\frac{\Delta h}{\Delta P} \approx \frac{H_0}{b} \quad \dots (3-21)$$



شكل 3-34

خذ عملية تصوير بحجم (230 ملم X 230 ملم) من ارتفاع 3000 م وبتداخل (60%) والتي تكون فيها ($b \approx 92\text{MM}$) .

$$\therefore \frac{\Delta h}{\Delta P} \approx \frac{3000}{92} \approx 33 \text{ m/mm}$$

وحيث أن 3000م هو السقف لغالبية المسوحات الجوية و ($\pm 0.03\text{MM}$) هو المعدل لخطأ قضيب إختلاف النظر، فإن خطأ الارتفاع سيكون أقل من 1م ، أي ($33 \times 0.03 = 0.99 \text{ M}$) .

(2) لارتفاع الطيران (H)

لن للخطأ في قيمة H تأثير حرج على المعادلات اكبر من أي من المركبات الأخرى ، ويمكن إثبات أن الخطأ يتناسب مع ارتفاع الطيران ، أي :

$$\frac{\delta(\Delta h)}{\Delta h} = \frac{2\delta H_0}{H_0} \quad \dots <22-3>$$

حيث أن H_0 هو ارتفاع الطيران فوق متوسط سطح الأرض.

وهكذا إذا تطلب الفرق بالارتفاع المستخرج من إختلاف النظر درجة ضبط مقدارها 1 إلى 100 فإن درجة ضبط ارتفاع الطيران يجب أن تكون 1 إلى 200 . فبالنسبة لـ ($\Delta h = 100\text{M}$) وهكذا مضبوطة لأقرب 1 متر فإن ($H_0 = 2000\text{M}$) سيطلب بأن يكون مضبوطاً لأقرب 10 متر ، وكذا درجة ضبط لا تكون ممكنة من قراءات مقياس الارتفاع ALTIMETER ، وعليه يتبع الأسلوب التالي :

خذ النقطتين A و C معلومتى المنسوب والتبين قد تكونان نقطتين لتعادل على الخارطة أو نقطتين ضبط أرضي بحيث أن شبيهما على الصورة يكونان a و c ، وأقرى بأن متوسط منسوب النقطتين يساوي h_0 والمسافة المقاسة بين النقطتين على الصورة تساوي L . وهكذا إذا كانت المسافة الحقيقية على الأرض بين النقطتين L_0 ، يكون لدينا :

$$L/L_0 = (f/H - h_0) = \text{مقياس الصورة} \quad \text{والتي منها :}$$

$H = f/L/L_0 + h_0 \quad \dots <23-3>$
فلذا كان موقع a و c متماثلاً حول النقطة الأرضية (PP) ، فإن تأثيرات الميل و فرق الارتفاع بينهما يكون صغيراً .
بجيب المضي بهذه الطريقة لاكبر عدد ممكن من أزواج النقاط في كل صورة ، وتطبق القيمة الوسطية .

(3) البعد الجوى (f)

في هذه الحالة ، بتغير الخطأ المتناسب PROPORTIONAL ERROR في ظروف الارتفاع المستخرجة من إختلاف النظر طردياً مع الخطأ المتناسب في البعد الجوى ، أي :

$$\frac{\delta(\Delta h)}{\Delta h} = \frac{\delta f}{f} \quad \dots <24-3>$$

وهكذا ، إذا كان فرق الارتفاع المطلوب - كما في الحالة السابقة - 100م بدرجة ضبط مقدارها 1متر فإن ($f = 152.4\text{MM}$) يجب أن تكون بدرجة ضبط مقدارها 1.5 ملم والتي هي بالتاكيد ضمن حدود إمكانية آلة تصوير معبرة .

(4) القاعدة الجوية (B) AIR BASE

كما في اعلاه ، فلن :
... (25-3)

$$\frac{\delta(\Delta h)}{\Delta h} = \frac{\delta B}{B}$$

فلذا كانت ($f=150\text{MM}$) و ($H=3000\text{M}$) فلن ($B=1840\text{M}$) لتداخل مقدارها (60%) ، وهكذا ، فخطا ، متناسب مقدارها إلى 100 لـ ($\Delta h=100\text{M}$) سيكون معادلا إلى خطا مقدارها 18.4 م في B. ويمكن الحصول على قيمة للقاعدة الجوية من قياس المسافة بين النقاط الركبسية المتتالية من مخطط للخطوط القطرية، ومن ثم يطبق مقياس المخطط على هذه المسافة.

وبطريقة أخرى، إذا عرفت المسافة بين نقطتي الضبط الأرضي A و C اللتان تظهران في منطقة تداخل زوج من الصور، فلن لمحاذاتهما يمكن أن تقاس باعتبارها استخدام قاعدة الصورة PHOTO BASE كالمحور X والخط العمود على القاعدة كالمحور Y، أي X_0 و Y_0 ثم X_1 و Y_1 .
كذلك يتطلب الأمر معرفة لاختلاف نظر النقطتين. وعليه:

$$\begin{aligned} X_A &= Bx_A/p_A & Y_A &= By_A/p_A \\ X_B &= Bx_B/p_B & Y_B &= By_B/p_B \end{aligned}$$

حيث أن X و Y هما الاحداثيين الأرضيين للنقطتين.

$$D_{AB} = [(X_A - X_B)^2 + (Y_A - Y_B)^2]^{1/2} \quad ; \quad \text{المسافة الأفقية (D}_{AB}\text{)}$$

ثم بالتعويض عن X و Y والترتيب ينتج:

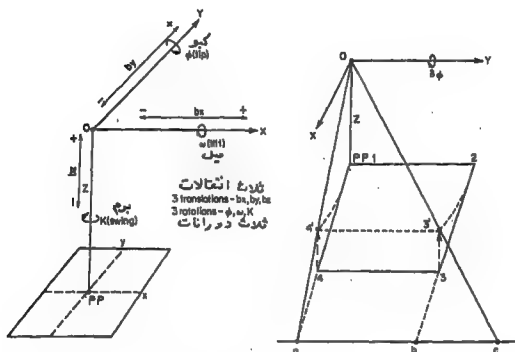
$$B = \frac{D_{AB}}{\left[\left(\frac{x_A - x_B}{p_A - p_B} \right)^2 + \left(\frac{y_A - y_B}{p_A - p_B} \right)^2 \right]^{1/2}} \quad \dots (26-3)$$

فكما نرى اليه في البداية فلن التحليل أنف الذكر يجب أن لا يعتبر دليلا على درجة ضبط الارتفاعات المستخرجة من اختلاف النظر ، وسبب هذا هو الأساسي وهو أن التحليل النظري يختلف عن الواقع. أي أن معادلة اختلاف النظر الأساسية هي مستخرجة على افتراض أن الصور هي شاقولية تماما ولا تحوي أي ميل وأن ليس هنالك تغير في ارتفاع الطيران ، وهذه الحالة نادرا ما تحدث عمليا. ولهذا السبب فلن الارتفاعات غير المصححة المستخرجة من قياسات اختلاف النظر تدمن "الارتفاعات الخام" . . .

3-7-7 تصحيحات الارتفاعات المستخرجة من اختلاف النظر

إن فحوى معضلة الارتفاعات المستخرجة من ظاهرة لاختلاف النظر غير المصححة تنجلي بوضوح من المقولة التالية المأخوذة من المقالة [الارتفاعات من قياسات

اختلاف النظر] للجروفيسور تومسون E.H. THOMPSON عن مجلة "الفيوتشر" مترجمه ريكورد/الجزء الاول - العدد 4 أكتوبر 1954؛ "إن الحاجة لتعديل الارتفاعات الختام قد أدخلت بعدسات ذات زوايا عريضة من ارتفاع 18000 قدم (4900م) على امتداد بلد لا تزيد اختلافات الارتفاع فيه عن بضعة مئات من الأقدام - يعرض "إن الأرض مستوية - نفس درجة الضبط فيما لو وضعت قراءات اختلاف النظر من دون تصحيح عن الميل".



شكل 3-35: محاور إحداثيات آلة التصوير يوضح 6 درجات حرية.

شكل 3-36

إن التقليد المتبع للمبول هو تسمية دوران كل آلة تصوير حول ثلاثة محاور X و Y و Z متعامدة مع بعضها. بدو K على التوالي، وكما هو مبين في (الشكل 3-35). وقيمة الانتقال على طول كل محور هو (bx) و (by) و (bz) على التوالي.

(1) الكيو (8φ) TIP

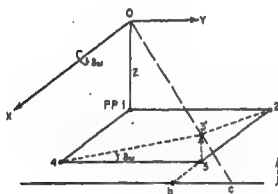
يؤدي تارجح الطائفة من الانفس الى الخنثى الى الدوران حول المحور لزاوية (8φ) كما هو مبين في الشكل 3-36. ونتيجة هذا الميل هو ان التقاطعين الشعبيين 3 و 4 في 3' و 4' على التوالي بخط في قياس اختلاف النظر مقداره (3b) و (4a). وكما هو مبين فإن تشوها على شكل قطع مكافئ PARABOLIC سيحدث للنموذج

المجسم، ويمكن الاثبات بان الخطا في ارتفاعات الارض
لاية نقطة سيساوي:

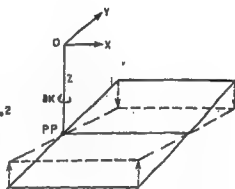
$$= (X^2 + Z^2) \delta \phi / \delta$$

(2) الميل (δ) TILT

يؤدي ميل الطائرة من طرف جناح إلى طرف الجناح الآخر الدوران حول المحور عجزاوية (2) وكما هو مبين في الشكل 3-37. ونتيجة هذا الميل هي إزاحة النقطتين 2 و 3 تقريبا من النقطة الرئيسية (PP1)، حيث تكون إزاحة النقطة 2 بالاتجاه 4، وعليه فإن قياس اختلاف نظرها يكون غير متاثر، أما قياس اختلاف نظر النقطة 3 فيسكون خطأ مقداره (3b) الذي يسببه الارتفاع بمقدار (XY8b/V)، وهذا التقدير هو تشويه قلع زائد تربيعي - RECTANGULAR HYP ERBOLIC DEFORMATION النموذج المعتمد.



شكل 3-37



شکل 3B-3

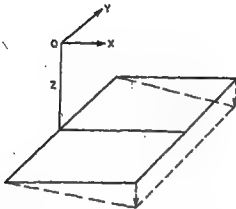
SWING (8K) البرم (3)

يتم حذف خطأ الجرم بتثبيت خط قاعدة المور باعتناء،
والضمان في تحقيق هذه العملية
من تصفي النموذج المجسم وكما
سواء في التي رفع وحفظ كل
مبين في (الشكل 3-38).

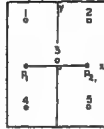
(4) تفسیر ارتفاع الطیران (۵)

يؤدي التغير في ارتفاع آلة التصوير للقطتين متجاورتين إلى ميل القاعدة الجوية (٥)، وهذا يؤدي إلى ميل النموذج الجسم حول المحور y وكما هو مبين في (الشكل 3-39).

إن التآشير المركب لكافة الأخطاء المذكورة أعلاه في كل من الصورتين التابعتين وتولفان الزوج التيسيمي هو تحويل النموذج الممسم إلى شكل قطع مكافئ رأسي HYP-ERBOLIC PARABOLOID، ويمكن الإثبات مجدداً بأنه إذا كانت الميول قليلة والمستويات الأرضية بسيطة فإن الخطأ في الارتباطات المستنتجة من اختلاف النظرة يمكن أن



شكل 39-3



شكل 40-3

يُعبَّر عنه بلوحات الصور (y, x) للنقطة الشبحية للصورة اليسرى كـ :

$$\delta h = \frac{Z^2}{fB} \left[(K_1 - K_2)y - \phi_1(f + x^2/f) + \phi_2(f + (x-b)^2/f) \right. \\ \left. + w_1 \frac{xy}{f} - w_2(x-b)y/f \right] - \frac{\Phi xz}{f} \quad \dots \langle 27-3 \rangle$$

والذي يُعبَّر عنه بمصفوفة أبسط كـ :

$$\delta h = a_0 + a_1x + a_2y + a_3xy + a_4x^2 \quad \dots \langle 28-3 \rangle$$

حيث أن الحدود الأربعة الأولى تمثل قطع زاكـ HYPERBOLA والحد الأخير يمثل قطع مكافئـ PARABOLA.

وهكذا فلن طريقة تصحيح الارتفاعات الخام تتطلب خمس نقاط ضبط معلومة المناسب (h_i) موزعة على امتداد منطقة التداخل وكما هو مبين في (الشكل 40-3).

تحتسب الارتفاعات المستخرجة من الاختلاف النظم (h'_i) للنظام الخمس بأخذ النقطة 1 مثلاً كمرجع ثم ($h_i - h'_i = \delta h_i$) ، ويؤخذ مركز قاعدة الصورة (P_1, P_2) كنقطة العمل لمنظومة الاحداثيات (y, x) ، وتقاس لوحات الصور النظام الخمس بأجمعها من الصورة اليسرى وتدخل في المعادلات الخمس ، أي :

$$h_1 - h'_1 = \delta h_1 = a_0 + a_1x_1 + a_2y_1 + a_3x_1y_1 + a_4x_1^2$$

$$h_2 - h'_2 = \delta h_2 = a_0 + a_1x_2 + a_2y_2 + a_3x_2y_2 + a_4x_2^2$$

$$h_3 - h'_3 = \delta h_3 = a_0 + a_1x_3 + a_2y_3 + a_3x_3y_3 + a_4x_3^2$$

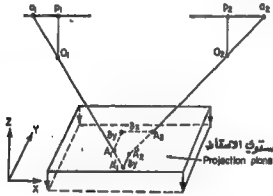
من ثم يتم حل المعادلات لاجاد المعاملات a_0, a_1, a_2, a_3, a_4 . بعد هذا يمكن تصحيح الارتفاع الخام (δh) لأربعة نقطة في منطقة التداخل (h') باستخدام المعاملات اعلاه ولوحات الصور في (المعادلة 28-3).

ويمكن لإنجاز العملية بكاملها بسرعة وبسهولة باستخدام برنامج كومبيوتر مناسب .

3-8 مظهرات التعديل RESTITUTION SYSTEMS

إن التعديل هو المعضلة الأساسية في أعمال المسح التصويري ويتضمن إخراج الصور (أو مقاطع الصور الزاجية) بنفس المواقع التي كانت فيها وقت الطيران . ومن ثم ربط النموذج المجسم المعدل الناتج بالضبط الأرضي .

لقد تم البحث في طرق تعديل تقريبية ، أما ما يتبقى من الطرق فلما أن تكون طرق مناظرة ANALOGUE METHODS باستخدام راسمات عالمية أو راسمات دقيقة أو أن تكون طرقاً تحليلية باستخدام أحاديات صور دقيقة مقاسة بجهاز معايرة COMPARATOR .



شكل 3-41

يمكن شرح المسألة كما يلي : يبين (الشكل 3-41) مورتين في مستوى أفقي تسقطان شجرتين لنقطة واحدة A على مستوى موازي . وبسبب عدم توجيه منظومة الاسقاط بشكل صحيح فإن A1 و A2 ستسقطان في A1 و A2 بدلاً من أن تسقطا في A . ويمكن أن يعبر عن فرق A1 و A2 عن A بشكل إحداثيات مثل (Ax) و (Ay) ، اللتان تسميان باختلاف نظر x و y على التوالي .

تحدد قيمة (Ax) بخفض مستوى الاسقاط باتجاه Z بمقدار (bz) حتى يلتقي شجرتي التقاطعين في A1 و A2 اللتين تفصلهما المسافة (Ay) فقط .

بإحذف اختلاف نظر y بتحريك المسلاطين PROJECTORS باتجاهات الحرية الخمس ، أي (bz) و (by) و (bx) و (K) و (K) كما هو موضح في (الشكل 3-35) . وتدعى هذه العملية "التوجيه النسبي" RELATIVE ORIENTATION ، وهي تتم على ستة نقاط معيارية موزعة على امتداد النموذج المجسم . وعندما تكتمل هذه العملية فإنها تحدد موقعي المسلاطين في موقعهما

النسبيين الصحيحين، والفشل في تحقيق توجيه نسبي صحيح يعطى نموذجاً مشوهاً ويكون له تأثير خاص على درجة ضبط قياسات الارتفاع.

يجب أن يتم الآن تثبيت مقياس النموذج اعلاه بشكل صحيح وبوجه بموجب منظومات الاحداثيات الارضية. هذه العملية تسمى "التوجيه المطلق" ABSOLUTE ORIENTATION والتي يمكن أن تتم باستخدام الضبط الأرضي فقط.

الخطوة الاولى هي تثبيت مقياس النموذج المجنى في أبسط أشكاله على المسافات المعلومة بين نقطتين ضبط أرضي. ويتم ذلك بتغيير المسافة بين المستلزين باتجاه المحور x ، أي المسافة (bx) . والخطوة الثانية هي تثبيت منسوب النموذج الفراغي SPATIAL MODEL بتدويره حول محوره y ، أي θ وحتى يتطابق مع معالم الارتفاع لثلاث نقاط ضبط أرضي في الأقل.

وعندما تتم هذه العملية، يمكن الشروع برسم التفصيل وتثبيت ارتفاعات المواضع ورسم الخطوط الكتورية، وبطريقة أخرى، يمكن قياس الاحداثيات المضمنة لثلاثية الابعاد للنقاط لاستخراج النموذج الرقمي الأرضي DIGITAL GROUND MODEL (DGM).

مما يجب ملاحظته هنا هو أن درجة ضبط منظومة التعديل وبالتالي درجة ضبط الخارطة النهائية تعتمد على درجة ضبط ACCURACY الضبط الأرضي وصحة تشخيصه.

يمكن أن يتم تعديل الشعاعات الضوئية المولدة للنموذج من خلال الاسقاط العمري أو باستخدام قضبان فراغية SPACE RODS. تولف نظيراً ميكانيكياً للشعاعات الضوئية.

يمكن أن يتم القياس بدرجة ضبط مقبولة: 10 مايكرومترات لعملية تموير بابعاد (230MM x 230MM) بينما يكون التكبير من الصورة إلى النموذج المجسم بدلالة النسبة (Z/f) . ولتوضيح هذا؛ خذ بعين الاعتبار التفصيل الفنية لرسم من نوع <ويلد A8> :

البعد الرقائبي (f) : 98 ملم إلى 215 ملم
ابعاد النقطة العائمة هي: 0.07 ملم لقوة تكبير $(\times 6)$ ، و 0.045 ملم لقوة تكبير $(\times 8.5)$ ، و Z تساوي 300 ملم.

وهكذا فلتصوير بمقياس $(1/10\ 000)$ وباستخدام $(f=152\text{MM})$ يكون لدينا :

مقياس الرسم للنموذج $(Z/f) \times (1/10\ 000)$:
التكبير من النموذج إلى الخارطة $(\times 4)$:
درجة ضبط القياس على الصورة :
درجة ضبط النقطة على الخارطة :

$$\approx 1/5000$$

$$\approx 1/1250$$

$$\approx 10\ \mu\text{M}$$

$$\approx 0.1\ \text{MM}$$

ترتبط الملاحظات اعلاه كليا بلتحتاج الخارطة والنموذج الرقمي الارضي (DGM) بطرق التناظر، وهي اكثر اقتصادية لكذا اغراض. مع هذا ، فالمسح التصويري التمثيلي ايضا جدير بالذكر. وهذه الطريقة تقاس احداثيات الصورة بدقة بدرجة ضبط مقدارها 1 او 2 مايكرومتر باستخدام "اجهزة معايرة COMPARATORS او اجهزة معايرة تجسيمية STEREO COMPARATORS". يتم توجيه النسجي والمطلق لاحداثيات الصورة رياضيا وبواسطة الكومبيوتر. وتكون الاحداثيات الناتجة اكثر دقة من تلك التي تنتج بطريقة التناظر وتفيد بشكل خاص في اعمال التثليث (بقياس الزوايا) الجوي.

9-3 المزاياك وخرائط الصور المتعمدة

MOSAICS AND ORTHOPHOTOMAPS

ولو ان المنتج الاساس النهائي للمسح التصويري - فيما يخص المهندس - هو الخارطة او النموذج الرقمي الارضي (DGM) ، لكن هنالك ايضا انواع اخرى من الخرائط وهي على شكل موزاييك او خرائط لصور متعمدة.

(1) الموزاييك غير المسيطر عليها تتكون الموزاييك غير المسيطر عليها نتيجة مطابقة الصور - لاعتبارها بمقياس التلاصق اي بمقياس الرقعة السالبة - للحصول على افضل توافق ممكن ، ولا تؤخذ الاذاشات الناتجة عن الميل بنظر الاعتبار ولا تلك الناتجة عن تموجات الارض ، كما ان التركيبة لا تتبع اي شكل من اشكال الضبط الارضي.

(2) الموزاييك المسيطر عليها في هذه الحالة يتم تصحيح الصور عن الميل اولا في حالة تعديل بمرية وتجعل كلها بمقياس واحد. بعد ذلك يتم تركيب الصور باعتناء وترتيب بالضبط الارضي. وهنا تنتج صورة اكثر تماسكا ، ولكي تأخيرات الاذاشة الناتجة عن تموج الارض لا تزال موجودة.

(3) الصور المتعمدة ORTHOPHOTOGRAPHS هي تلك الصور التي قد تم تصحيحها ميكانيكيا عن ازاهاات الميل وتموج الارض باستخدام مساطر او منظار متعامد مع الصورة ومتصل براسم تجسمي مباشرة. وهذه الطريقة يتم تعريض وتصوير النموذج المجسم الموجه بشكل صحيح على رقائق موجبة SLIDES بحجم (4MM x 2MM) في الموقع الحقيقي على الخارطة وبالمقياس الصحيح. والمنتج النهائي هو صورة كينورية بمقياس صحيح تحوي اخطاء صغيرة جدا بالموقع وبالارتفاع. فبالرغم من ان الصورة الكينورية ليست هي بدرجة ضبط المبرسم التخطيطي لكنها يمكن ان تنتج اسرع وكثير ، كما انها تحوي كافة التفاصيل الارضية والتي لا تظهر عادة على المبرسم التخطيطي. وهذه النقطة الاخيرة هي السبب في تفضيل الموزاييك او الصور المتعمدة على المبرسمات في بعض الحالات.

ففي حالات السيطرة على الفيضان او في الاستقصاءات الجيولوجية او في اعمال الري مثلا تكون مشاهدة المناطق المطلوبة مفيدة جدا.

3-10 مواصفات التصوير الجوي الشاقولي

SPECIFICATION FOR VERTICAL AIR PHOTOGRAPHY

ولو ان المهندسين لا ينشغلون عادة بعملية المسح التصويري ، لكنهم بالتأكيد سينشغلون بالمنتج النهائي، والى هذا الحد سيطلب منهم اعداد عقود مناسبة للعمل المطلوب ، وهكذا سيحتاجون الى تثبيت المواصفات اللازمة لذلك.

فقد تم تحضير المواصفات التالية من قبل جمعية المسح الجوي البريطانية-BRITISH AIR SURVEY ASSOCIATION ، وقد قامت الجمعية الملكية للمساحين المجازين ION ROYAL INSTITUTION OF CHARTERED SURVEYORS (RICS) باختبار هذه المواصفات ولتباعها ، وهي مدرجة تسمى ادنيها :

مواصفات التصوير الجوي

المادة الاولى / خلاصة المتطلبات والمواد اللازمة تجهيزها .

1-1 الموقع

1-1-1 يكون الموقع (او المسلك) المطلوب تصويره تجسيميا بمساحة — كيلومتر مربع (او كم. طول) تقريبا . وهو يعرف كما يلي :

لما : على الخارطة التماثلية او كصورة تخطيطية مرفقة كملحق رقم — بوثيقة المواصفات ، او : بواسطة الاحداثيات الجغرافية او التثبيكية او غيرها من الاحداثيات الاسناد وكما مثبت ادناه و/او المؤشرة في الرسم بالملحق رقم —

الخامس ب — اسناد / اسقاط

2-1 مقياس التصوير والبعد الجوى للمدسة (انظر المادة الثالثة من المواصفات)

1-2-1

لما : يجب ان يكون المقياس العام للتصوير 1 الى — او : يجب ان يكون ارتفاع طيران التصوير من ارتفاع محتسب او من ارتفاع كل مجموعة شرائط كما يلي :

- _____ فوق (MSL) متوسط مستوي سطح البحر .
- _____ فوق (MSL) .
- _____ فوق (MSL) .

1-2-2 يجب أن يكون لآلة التصوير عدسة ذات بعد بؤري
رسمي مقداره — ملم وأن تكون الأبعاد الاسمية
لرقيقة السالبة (230MM x 230MM) أو (MM x —).

3- عملية التصوير (انظر المادة الرابعة)

1-3-1 يجب أن تكون الرقيقة الحساسة المستخدمة؛
إما: أسود و/أبيض جوي/بانوكروماتك (للألوان المتعددة)
أو: أسود و/أبيض جوي/أشعة تحت الحمراء.

1-3-2 يجب أن يكون للتصوير نوعية أشباح وأبعاد
هندسية بحيث تسمح لأعداد خراطم المسح التصويري أو
لأعداد الموزائيك أو للأغراض العامة.

1-4 الرقائق السالبة FILM NEGATIVES

1-4-1 إما: يجب أن تحفظ كافة الرقائق السالبة
المعرضة للضوء في المقابلة لدى المنتج لمدة لا تقل
من — سنة، بعد ذلك يتم —

أو: يجب تسليم كافة الرقائق السالبة المعرضة للضوء
في المقابلة إلى رب العمل أو إلى الجهة المستفيدة.

1-4-2 يجب حفظ كل رقيقة سالبة ملفوفة على بكرات
داخل علبة معدنية أو بلاستيكية مظلمة كانت مجهزة من
قبل المصنع. أما الرقائق السالبة المرفوضة فيجب
سدم إخراجها من البكرة.

1-5 المواد الأخرى اللازمة تجهيزها (انظر المادة الخامسة)
إحدى الفقرات غير المطلوبة

1-5-1 يجب تجهيز دليل المرتسم و/أو دليل الصور على
شكل: — طاقم من الرقائق الموجبة،
— طاقم من الرقائق السالبة،
— طاقم من الصور المطبوعة على الورق.

1-5-2 — طاقم من صور الخلاص المطبوعة على الورق

1-5-3 نسخة واحدة من كافة تقارير الرقيقة
المساسة (انظر البند 4-6).

1-5-4 منتجات أخرى

المادة الثانية - آلات التصوير وملحقاتها

إن هذه المادة تفي آلات التصوير المترية METRIC
CAMERAS ذات حجم (230MM x 230MM) فقط، ويجب إعطاء
مواصفات آلات التصوير المستخدمة الأخرى بشكل مستقل.

1-2 آلة التصوير CAMERA

1-1-2 يجب استخدام آلة تصوير مساحة مترتبة مجهزة بعدسة مصممة لتعطي تشويها فطريا متراكما RESIDUAL DISTORTION لا يزيد على 15 مايكروميتر ضمن مسافة 100 ملم من النقطة الرئيسية (PP). ويجب مسك الرقطة الحساسة بالمستوى المطلوب للشيخ خلال فترة تعريض الرقطة الحساسة للضوء لاجل الحفاظ على تغيير دقيق ولجعل تشويها الاشياح ضمن الحدود المذكورة. (البند 4-5).

2-1-2 يجب ان تكون ابعاد الرقطة السالبة والجمع البؤري للعدسة/او مجموعة العدسات كما هو مبين في (البند 2-2-1).

3-1-2 يجب تصحيح العدسة من المدي الطيفي SPECTRAL RANGE للرقطة الحساسة المستخدمة.

2-2 التعبير CALIBRATION

1-2-2 يجب ان تكون اية وحدة لعدسات آلة التصوير المستخدمة في المقابلة قد عيرت وفحصت ودققت بشهادة من قبل مصنع آلة التصوير او من قبل مركز تعبير معترف به دوليا او معترف به من قبل مصنع آلة التصوير. حيث يجب ان تشير الشهادة الى ان آلة التصوير قد عيرت خلال فترة الاثنى عشر شهرا التي تسبق عملية التصوير.

2-2-2 يجب ان يكون لدى المنتج شهادة تعبير نافذة وان يعطى نسخة منها الى رب العمل او الى من يقوم باستخدامها عند الطلب.

3-2-2 يجب ان تحوى شهادة التعبير المعلومات التالية:-

- اسم وعنوان مركز التعبير.

- تاريخ التعبير.

- رقم وحدة العدسات الفام بمصنع آلة التصوير.

- البعد البؤري المصير (البعد الرئيس) لوحدة العدسات

- التشويه الفطري بالميكرومترات على فترات لا تتجاوز

10 ملم على طول كل من اقسام الاقطار الاربعة نسبة الى

محور افضل تماثل AXIS OF BEST SYMMETRY.

- المسافات بين علامات الاسناد FUDICIAL MARKS - الجوانب

والاقطار او لحدائياتها بمنظومة اسناد متعامدة.

- موقع النقطة الرئيسية للتسديد التلقائي - AUTO COLL-

IMATION او لافضل تماثل نسبة الى مركز الاسناد

FIDUCIAL CENTRE.

- ارقام التحليل RESOLUTION FIGURES الفطرية

والمماسية لوحدة العدسات الصادرة عن المصنع وقت

المصنع او بعد إعادة التنظيمات الجبرية لوحدة العدسة.

- الاحداثيات التفهيكية المقاسة (لن وحدت) بمنظومة

اسناد متعامدة.

2-2-4 يجب أن يرفع التشويه المقاس ضمن الحدود المخبئة من قبل المصنع لنوع العدسة.

2-2-5 يجب إعادة تعبير آلة التصوير في حالة الشك بحدوث أي ضرر لآلة التصوير - خلال مدة المظاللة - والذي يمكن أن يؤثر على التعبير.

2-2-6 في حالة اكتشاف تغييرات كبيرة في التعبير بعد اطل من ستة أشهر من انتهاء العقد ، يجب على المنتج إخبار رب العمل أو من قام باستخدامها .

2-3 حفظ آلة التصوير يجب تثبيت آلة التصوير في حزن يخفف من تأثيرات ذبذبة الطائرة.

2-4 المرشحات الضوئية FILTERS

2-4-1 لما يجب استخدام مرشحات بصرية تجهز من قبل مصنع العدسة فقط أو استخدام مرشحات بنظير مواصفات البصرية .
أو : يجب استخدام مرشحات ضوئية وحسب المواصفات التالية :

2-4-2 يجب تعويض الفقدان الضوئي في آلات التصوير التي تزيد فيها زوايا النظر على 60 درجة بمرشحة ضوئية مدرجة GRADED FILTER.

2-5 شبابه آلة التصوير CAMERA WINDOWS

2-5-1 يجب تدقيق أي شباه مستخدم لآلة التصوير من قبل مركز التعبير لضمان عدم تأثيره على الامكانية التحليلية للعدسة وعلى التشويه ، وأن يكون خاليًا تمامًا من العروق والتشوهات واية مواد غريبة أخرى.

2-5-2 يجب تركيب شباه آلة التصوير في مادة تمنع الجهد الميكانيكي في الشباه.

المادة الثالثة/الطيران والتغطية التصويرية

3-1 التغطية التصويرية

3-1-1 يجب تغطية الموقع بمسارات مستقيمة تقريبا (مراشيط) من صور شبه شاقولية من الارتفاع التقريبي المطلوب في (البند 1-2-1) .

3-1-2 يجب أن يكون اتجاه خط الطيران ؛
لما ؛ أن يتم اختياره من قبل المظاللة وتعطى نسخة من مخطط الطيران إلى رب العمل عند الطلب .
أو ؛ بموجب مخطط الطيران المرفق كملحق رقم — بوشيفتة المواصفات .

3-1-3 يجب أن يكون التداخل الامامي بين القطعات التصويرية المتتالية في كل مسار بين (55%) و (65%) عدا ما هو محدد بغير ذلك.

3-1-4 يجب أن يكون التداخل العرضي (أي الجانبي) بين الشرائط المتجاورة عموماً :
- بين (20%) و (40%) لارتفاعات الطيران التي تقل من 1500م فوق متوسط مستوى سطح الأرض.
- بين (15%) و (35%) لارتفاعات الطيران التي تساوي 1500م أو أكثر فوق متوسط مستوى سطح الأرض.

وعندما تتغير ارتفاعات سطح الأرض التي هي ضمن منطقة التداخل أكثر من 10 بالمائة من ارتفاع الطيران يجب أن يسمح بتغيير معقول لمقدار التداخل المذكور شرط أن لا يكون التداخل الامامي اقل من 55 بالمائة وأن لا يقل التداخل العرضي عن (10%) أو يزيد عن (45%).

أما بالنسبة للتموجات الكبيرة للمواقع عندما لا يمكن المحافظة على التداخل الجانبي المحددة مواضعها اعلاه بخطوط طيران مستقيمة ومتوازية ، يجب إمساء "الفراغات" GAPS الناجمة عن التموج المقطع بمسارات قصيرة يجري الطيران فوقها بين المسارات الرئيسية وبموازاتها.

3-1-5 عندما يغير المسار ساحلاً ، يجب زيادة التداخل الامامي بمعدل (90%) وحسب المحددات المقروضة من قبل دورة آلة التصوير CYCLE TIME ، ويجب أن تتضمن الزيادة بالتداخل ثلاثة مراكز مور في الأقل على الأرض.

3-1-6 يمكن تغيير مواقع المسارات التي تكون على امتداد خطوط السواحل لتقليل تسببة المياه المغطاة شرط أن تمتد التغطية بعد حدود أية تقاصيل أرضية بما لا يقل عن (10%) من عرض المسار ، بالرغم من الزيادة في التداخل العرضي.

3-1-7 عندما تتصل نهايات مسارات التصوير بنهايات المسارات الأخرى التي تم الطيران فوقها بنفس الاتجاه العام ، سيكون هنالك تداخلاً مساوياً لنموذجين تجسميين في الأقل واللذان يجب أن يكونا بمقياس الصورة الأصغر إذا اختلفت مقاييس التصوير.

3-1-8 يجب أن لا يزيد انحراف الطيران على 5 درجات عندما يقاس بين خط القاعدة وخط موازى لأطار الرقطة السالبة ، كما يجب أن لا يخلق فراغات تجسيمية-STEREOS COPIC GAPS في عملية التصوير.

3-1-9 يجب أن لا يزيد الميل TILT اعتباطياً على درجتين. ويمكن السماح بميل أكثر حد 4 درجات في الصور المستقلة.

3-1-10 عند رفق بعض لقطات من مسار طويل بسبب الضيوع
او النوعية او التداخل غير المناسب ، يمكن استبدالها
بمسارات قصيرة ، شرط ان يعطى لها تداخلا مساويا
لنموذجين تجسيميين في الاقل عند كل من نهايتها .

3-2 ظروف الطيران

3-2-1 يمكن التقاط الصور من أي ارتفاع شمسي-SOLAR ALTITUDE مناسب فوق 15 درجة ، عدا ما هو معدد بغير ذلك
في ادناه ؛
اقل ارتفاع شمسي — درجة .
اعلى ارتفاع شمسي — درجة .

3-2-2 يجب ان يتم الطيران فقط في الظروف التي لا يؤدي
عدم وضوح الرؤية فيه الى تلف كبير لدرجة اللون
النهائية في الرقبة السالبة . كما يجب عدم فقدان
التفاصيل ذات العلاقة نتيجة الضباب او الاتربة في الجو .

3-2-3

إما ؛ يجب ان تكون الصور خالية الى حد كبير من
الضيوع والظلال القوية (الداكنة) او الدخان . ويجب ان لا
تكون المناطق المتفرقة من الضيوع او الظلال القوية او
الدخان سببا في رفق التصوير ، ما لم تكن غير سالمة
للاستخدام لاسباب اخرى .
او ؛ يجب ان يكون التصوير خاليا من الضيوع او الظلال
القوية او الدخان نهائيا .
او ؛

3-2-4 تكون الظروف الخاصة بالتصوير مما له علاقة
بالتوقيت او بموسم التصوير كما مكتب ادناه ؛

المادة الرابعة/الرقبة الحساسة الجوية ونوعية الشح
في الرقبة السالبة .

4-1 الرقبة الحساسة الجوية

4-1-1 يجب ان تعدد مواصفات نوعية الرقبة الحساسة
الجوية المنوي استخدامها في < البند 1-3-1 > .

4-1-2 يجب طلاء المحلول على رقبة حساسة ذات قاعدة
مستقرة .

4-1-3 يجب ان تكون ظروف خزن الرقائق الحساسة
المستخدمة بحيث عندما تظهر الرقبة الحساسة المعرضة
للضوء ؛

- تكون خالية من البقع او تغير اللون وان لا تكون
بالية مما يضر الى قدم الرقبة الحساسة او الى
الفرن غير الملائم .

- ولا تزيد كثافة الضيوع (المحلول فقط) عن 0.2 باستخدام
نفس المظهر والفترة الزمنية ودرجة الحرارة كما

سيستخدم في المقابلة، باستثناء حالة الرقبة الحساسة التي تزيد سرعة حساسيتها على 250 وحدة من وحدات سرعة رقبة حساسة جوية فعالة (250 EAFS) EFFECTIVE AERIAL FILM SPEED والتي يجب أن لا تزيد الكثافة عندها على 0.4

4-2 فترة تعريض الرقبة الحساسة للضوء EXPOSURE 4-1-2 يجب اختيار سرعة غلق الحاجب SHUTTER بحيث أنها تفي بمتطلبات أقل حركة للشبح لفتحة عدسة مناسبة وظروف الإضاءة السائدة في وقت التصوير.

4-2-2 يجب أن لا تزيد حركة الشبح الامامية المحتسبة بشكل عام على 30 مايكرومتر. وتكون الحركة التي حد 60 مايكرومتر مقبولة في حالات الاجسام ذات الاضاءة الخافتة جدا و/او التصوير بمقياس (1/5000) والكبير. وتكون الحركة التي حد 90 مايكرومتر مقبولة في حالات الاجسام ذات إضاءة في منتهى الخفوت و/او التصوير بمقياس (1/2 000) والكبير.

4-3 مرشحة الضوء FILTER 4-3-1 يجب على المفاول اختيار المرشحات الضوئية بحيث تغطي درجات لونية مناسبة ، فيما عدا الحالة التي تكون فيها المرشحات الضوئية المستخدمة بالمواصفات التالية:

4-4 التظهير والتجفيف 4-4-1 يجب أن تكون عملية تظهير وتجفيف الفلم قادرة على إعطاء نوعية متجانسة للرفاق السالبة NEGATIVES والمثبتة مواصفاتها تمت (الجند 4-5 و 4-6) أدناه من دون أن يؤدي ذلك إلى تهويه الرقبة الحساسة.

4-4-2 يجب أن تتم عملية تظهير وتجفيف الرقبة الحساسة من دون أن تؤثر على ثبات أبعادها. ففي اية رقبة سالبة يجب أن لا يزيد الفرق بالاطوال بين أي زوج من علامات الاستناد على 0.03 بالمائة ، كما يجب أن لا يزيد التغير بالمقياس العام على 0.08 بالمائة.

4-4-3 يجب أن لا تزيد كمية محتويات مادة الكيوسلفايت المتبقية على الرقبة الحساسة المظهرة على 20 ملغرام لكل متر مربع.

4-4-4 يجب أن تكون كافة الرفاق السالبة خالية إلى حد كبير من البثور أو القعاعات أو خطوط الطلاء أو علامات الجهد أو السكون STATIC MARKS أو علامات التقبيل BAR MARKS أو ثقوب الدبابيس أو الخدش أو العروق أو البقع أو العلامات الكيماوية أو العلامات الناجمة عن التجفيف على كلا وجه المحلول EMULSION SIDE والوجه القاعدي BASE SIDE والتي تظهر إما بالضوء المنتشر أو البراق، ويجب إعطاء شئ من السماح عندما تدعو الضرورة للقيام بعملية التظهير في ظروف دون المعيارية

SUB-STANDARD شرط عدم الاخلال بما هو مطلوب من الرقائق السالبة .

4-5 النوعية المتربة METRIC QUALITY للرقائق السالبة يجب ان لا تنحوى الرقائق السالبة او صور التلامس من المفاتيح الزجاجية CONTACT DIAPOSITIVES المستخرجة منها لاختلافها بالنظر باتجاه المحور Y بعد التوجيه النسبي اكثر من 20 مايكرومتر فى اى مكان من النموذج.

4-6 نوعية شبح IMAGE QUALITY الرقائق السالبة 4-6-1 يجب ان تكون الكثافة والتميز CONTRAST فى كافة الرقائق السالبة بحيث يمكن استخدام انواع الاوراق المحفورة تجاريا والتي تشمل مديات لوغاريتمية لفترة التعريض للضوء من 0.6 الى 1.6 لانتاج صور مفيدة فى كل من المناطق الداكنة والساطعة من الصورة، وبسبب اتباع الحيل التصويرية المناسبة.

4-6-2 يجب ان لا تزيد كثافة الضيم (المحلول فقط) للرقائق السالبة عادة على 0.2 مقاسة فى منطقة معينة عن اى تعرف للضوء ، عدا حالة الرقائق الحساسة التى تزيد سرعة حساسيتها على (250EAFS) حيث يجب ان لا تزيد كثافة الضيم فيها على 0.4 .

4-6-3 يجب ان لا يكون اقل تفاصيل ظل مفيدة عادة كثافة اقل من 0.2 فوق القاعدة - زاكدا - الضيم ، فيما عدا اركان الصور المأخوذة بعدسة ذات زاوية عريضة جدا حيث يجب ان تكون اقل كثافة مقبولة 0.1 فوق القاعدة - زاكدا - الضيم.

4-6-4 يجب ان لا تزيد اقل كثافة فى مناطق مفيدة من الرقائق السالبة على 1.5 فوق القاعدة - زاكدا - الضيم ، فيما عدا اماكن صغيرة بميزات لانعكاس عالية حيث ان اقل كثافة مقبولة تكون 2.0 . وفى الحالات الاستثنائية فقط والتي تحدث فيها بقع بكثافة عالية جدا بسبب لانعكاس الطيف الشمسى من اجسام شديدة الانعكاس ، عند ذلك يمكن قبولها .

4-6-5 يجب ان تكون كافة علامات الاسناد حادة وظاهرة بوضوح فى كل رقيقة سالبة.

4-6-6 يجب ان تكون لوحة الاجهزة لالة التصوير المدونة على الرقيقة الحساسة مقروءة بوضوح على كافة الرقائق السالبة ، ويجب ان لا يودى القفل فى اضاءة الجهاز خلال العرض الرقفي التصوير ، فيما عدا ما هو مذكور ادناه:

المادة الخامسة/منتجات التصوير
5-1 مخططات الفهرس INDEX PLOTS و/او فهارس الصورة
PHOTO INDICES

يجب تجهيز مخطط الفهرس و/او فهرس الصور بموجب ما هي
مكتبت في (البند 1-4-1) لبيان المواقع النسبية لكافة
عمليات التصوير المقبولة، ويجب أن تتضمن مخططات
الفهرس و/او فهرس الصور المعلومات التالية:

- المراجع للخارطة الأساسية
- نسبة الموقع
- فترة التصوير
- مقياس الفهرس
- مقياس التصوير
- تاشير الشمال
- نوع آلة التصوير والبعد البؤري لوحدة العدسة
- اسم المفاول
- الامداديات المرافقية او التشبيكية التقريبية
- ارقام الرفاتائق الحساسة وارقام المسارات (الشريط)
- على حافظتي كل مخطط وحيثما يحدث تغييرا ضمن المخطط
- ارقام الصور

5-1-1 يجب ان تشير مخططات الفهرس - عند الطلب - الى
موقع وعدد اللقطات الكافية لتسهيل تحديد مواقع
اللقطات التي تتخللها بشكل تقريبي.

5-1-2 يجب تجهيز فهرس الصور عند الطلب - باستخدام
اول صورة وآخر صورة والصور المتناوبة. ويجب تذهيب
الصور حتى حافة الاشباح ، ويجب ان يكون رقم الصورة
مركبا على اول صورة وآخر صورة وعلى كل خامس صورة
مستخدمة.

5-2-2 الصور المطبوعة على الورق PAPER PRINTS
يجب طبع صور التلامس CONTACT PRINTS على آلة طبع
او ثوماتيكية وعلى ورق مشمع بوزن متوسط او على ورق
ليفى FIBRE-BASED بوزن مضاعف والذي يمكن الكتابة عليه
بقلم الحبر او الرصاص على كلا جانبيه ما لم يكن مثبتا
خلال ذلك ادناه.

يمكن ان تطبع طواقم الصور المنتجة خارج مختبر
المفاول على آلة طبع يدوية.

5-3-3 مخارج الصور الزجاجية DIAPOSITIVES
يجب إنتاج مخارج الصور الزجاجية - عند الطلب - على
رقائق حساسة ذات قاعدة مستقرة باستخدام آلة طبع
تلقائية ، ما لم يكن مذكورا خلاف ذلك ادناه.

5-4-5 نسخ الرفاتائق السالبة DUPLICATE NEGATIVES
1-4-5 يجب تجهيز الرفاتائق السالبة بنسخ متعددة عند
الطلب :

لما : منتجة من رقيقة وسطية موجبة لامعاء شبح تقليدي
خاطئ التفسير عندما تشاهد بطبقة المحلول الى الاعلى،
او : منتجة مباشرة على رقيقة حساسة قابلة للاستنساخ
لامعاء شبح صحيح التفسير عندما تشاهد بطبقة المحلول
الى الاعلى.

5-4-2 يجب أن تدرج نسخ الرقائق السالبة من رقيقة حساسة ذات قاعدة مستقرة بدرجة لون (أي بتوزيع للكثافة) قريبة من الرقائق السالبة الأصلية قدر الإمكان.

5-4-3 يجب إنتاج الرقائق السالبة باستخدام آلة طبع تلقائية مالم يحدد خلاف ذلك في أدناه:

المادة السادسة/التوضيح والتأشير

- 6-1 تأشير الرقائق المساسة
 - يجب إعطاء المعلومات التالية كتوجيهات في جدلية ونهاية كل رقيقة حساسة؛
 - "الجدلية" أو "النهاية" (وحسبما هو ملائم).
 - رقم المشروع و/أو اسم الموقع.
 - عند تسجيل أجزاء لأكثر من مشروع أو موقع واحد على الرقيقة المساسة يجب ذكر كافة المواقع.
 - رقم الرقيقة المساسة.
 - سنة (أو سنين) وشهر (أو أشهر) ويوم (أو أيام) مدة التصوير.
 - المقياس (أو المقاييس) العام لعملية التصوير.
 - نوع آلة التصوير.
 - البعد الرئسي أو البعد البؤري المعير لوحدة العدسة

6-2 ترقيم الرقائق السالبة (ترقيم الصور) وتأشير الصور المطبوعة
 يجب ترقيم الرقائق السالبة باستخدام كاوية حرارية أو حبر ثابت أو أية طريقة أخرى. ويجب طباعة الأرقام بشكل انيق بحيث يمكن قراءتها بوضوح، كما يجب أن يكون ارتفاع الحرف بحدود 3 ملليمتر.

- يجب أن تجهز كل رقيقة سالبة بالمعلومات التالية باستخدام كاوية حرارية أو حبر ثابت أو شراخ عنوان أو طرق أخرى والتي يجب أن تظهر على كافة الصور المطبوعة بالتلامس؛
- هوية المنتج.
 - رقم المشروع و/أو اسم الموقع.
 - رقم الرقيقة المساسة ورقم الصورة.
 - سنة (أو سنين) وشهر (أو أشهر) ويوم (أو أيام) مدة التصوير.
 - الارتفاع فوق متوسط مستوي سطح البحر أو الارتفاع فوق مستوي الأرض.

- البعد الرئسي PRINCIPAL DISTANCE أو البعد البؤري المعير لوحدة العدسة.

6-3 تأشير علبة الرقيقة المساسة (العلامة LABEL)
 يجب أن يشير السطح الخارجي لعلبة كل رقيقة حساسة بوضوح إلى:
 - رقم المشروع و/أو اسم الموقع.

- وعند تسجيل اجزاء لاكثر من مشروع واحد او موقع واحد على الرقيفة الحساسة يجب ذكر كافة المواقع.
- سنة (او سنين) وشهر (او اشهر) ويوم (او ايام) مدة التصوير.
- ارقام المسارات RUNS وارقام الصور.
- المقاييس (او المقاييس) العام للتصوير.
- نوع آلة التصوير.
- البعد البؤري لوحد العدسة.

- 4- تقرير الرقيفة الحساسة FILM REPORT
- يجب لمرافق كل عملية رقيفة حساسة بتقرير عن كل رقيفة حساسة مشيخا فيه المعلومات التالية:
 - هوية المفاول.
 - رقم الرقيفة الحساسة.
 - نوع ورقم آلة التصوير ونوع ورقم العدسة وبعدها البؤري.
 - نوع ورقم مرشحة الضوء.
 - رقم (او ارقام) الطاقم (او الطواقم) او رقم (او ارقام) وحدة (او وحدات) الكاسيت وحامل الكاسيت.
 - نوع الرقيفة الحساسة ورقم المصنع للمحلل.
 - فتحة العدسة وسرعة الحاجب SHUTTER SPEED (اي فترة التعرض للضوء).
 - رقم المسار واتجاه الطيران.
 - سنة (او سنين) وشهر (او اشهر) ويوم (او ايام) مدة التصوير.
 - نوع الطائرة وهويتها.
 - اسم مرشد الطائرة (او المرشدين) واسم الملاح والمصور.
 - وقت الابتداء والانتهاك لكل شريط بالتوقيت المحلي.
 - ارقام الصور المتوفرة لكامل عملية التصوير.
 - الارتفاع المحتسب فوق (MSL) (الارتفاع الحقيقي).
 - المقاييس العام للتصوير.
 - الظروف الجوية: نوع الغيم ودرجة الضباب.
 - درجة الاضطراب TURBULANCE الجوي.
 - تاريخ الظهير.
 - طريقة الظهير.
 - المظهر المستخدم والتخفيف.
 - زمن ودرجة حرارة عملية الظهير او سرعة نقل الرقيفة الحساسة.
 - طول الرقيفة الحساسة المظهرة.
 - ملاحظات عامة عن النوعية.

5-6 وذاق اخرن وكما هو هو مشيت ادناه:

3-11 تطبيقات المسح التصويري في الاعمال الهندسية

لإضافة الى الاستخدامات المتعددة للمسح التصويري في اعمال الهندسة المدنية فإنه يستخدم بشكل واسع في علوم الغابات وفي تخطيط المدن والهندسة المعمارية

وحتى في الطب وطلب الاسنان، وسوف يهتم البحث هنا في تطبيقات الهندسة المدنية الشائعة فقط.

(1) لاختيار افضل المسارات لطرق المواصلات السريعة

في المملكة المتحدة المغطاة بالخزائن بشكل جيد ، يمكن تمثيل المساحة المطلوبة لخط طريق جديد التي حزمة صغيرة نسبيا . فتفسير التصوير الجوي بعيد كاداة فعالة جدا في هذا الفرار المبكر، حيث ان حجم ازواج الصور التجسيمية يمكن ان يعطى مقدارا كبيرا من المعلومات التي العين المدربة كجيولوجيا الموقع وانواع التربة الرئيسية وانقطاع استمرارية طبقات او عرق الارض ومناطق انزلاق التربة والمناطق التي تؤدي الى المشاكل في تصريف مياه المجاري وتعيين مواقع الدين (اخذ التجربة) ومواقع المقالع والمواضع الرئيسية والاراضي خالية الشمن وافضل الميول ... الخ.

يتم بعدها توجيه مقاطع الصور الزجاجية DIAPOSITIVES في راسمات تجسيمية STEREO PLOTTERS مثبتة فيها آلة ترقيم دائرية مثبتة التي لوالب مسك القلم ، حيث يقوم المشغل بمراقبة النموذج التجسمي والنقطة الماكسة للحصول على إحداثيات الماكسة الـ x والـ y والـ z للموقع، وتظهر هذه القيم كسجل ثابت على آلة كاتبة كهربائية لإضافة التي تظهر على كارت او شريط، من ثم يقوم الكمبيوتر بتحويل إحداثيات الماكسة هذه الى إحداثيات أرضية بمقياس كامل FULL SCALE من خلال مقارنتها بنقاط ضبط أرضي معينة يكون قد جهز بها، وبذلك يكون الكمبيوتر الآن قد خزن في ذاكرته نموذجاً رياضياً MATHEMATICAL MODEL للأرض يطلق عليه عموماً 'النموذج الرقمي للموقع' DIGITAL TERRAIN MODEL، ويقوم المهندس الآن بتجهيز الكمبيوتر بمعاليم معينة كإحداثيات الطريق والميول المحددة وأطول منحنيات الانتقال الشاقولية والافقية وقوائم نموذجية للمقاطع العرضية. ومن هذه المعلومات يقوم الكمبيوتر باختيار افضل المسالك (الطرق) وتجهيز الكميات الترابية ورسم المقاطع العرضية والطولية باستقامة خط الوسط للطريق المقترح ، كما ينتج مخططات نقل التربة-MASS HAUL DIA-GRAMS، ويمكن الآن إجراء تمسينات أكثر من هذه المعلومات وبذلك مساعدة الكمبيوتر لإعطاء الكميات النهائية (بعد أخذ ظاهرتي الانفتاح BULKING والرمي COMPACTION بنظر الاعتبار) بضمنها التمييز بين الانواع المختلفة من المواد والكميات في قسط التجربة الفوقية وفرشها RESPREADING والزراعة SEEDING. ويتم تجهيز الخرائط النهائية والمقاطع الطولية والعرضية مع كافة المعلومات اللازمة للإنشاء. حتى ان الاشكال المنظورية للطريق المقترح يتم تجهيزها على فترات متقطعة بحيث إذا عرضت على الشاشة بسرعة خاطئة تعطى لمتابع السبر على الطريق المقترح.

(2) هندسة المرور

يمكن استخدام الصور في دراسات الاستخدامات الأرضية للمساعدة في تقدير وتوقع الاشكال المرورية. فيمكن بعملية التصوير التي تجري على فترات متعاقبة منتظمة لمسار مروري معين ان تعطي معلومات كالسرعة والكثافة وتركيز المركبة المرورية (لرصد الممرور) لفترات مختارة من الوقت والفترة الزمنية اللازمة لقطع المسار والانتاجية النسبية لاجزاء مختلفة منه.

وتسمى هذه التقنية "تقنية العد من السماء-SKY COUNT TECHNIQUE"، ولو ان عملية عد السيارات الممل من على الصور قد زال باستخدام العدادات الالكترونية القادرة على تمسح المربعات في اعمال التصوير بالاشعة تحت الحمراء.

يمكن مساعدة الادارة المرورية، والتي تهدف عموما الى تحسين الانسياب المروري، بالصور الجوية باكثر من طريقة واحدة، حيث ان هذه الصور تعطي قسما كبيرا لمساحة كبيرة بلمحة بصر ويمكن ان تؤخذ هذه الصور لتشير الى ذروة السريان والسريان المروري الاعتيادي، كذلك تشير الى الطرق الاعتيادية والمزدحمة كما تشير الى الشوارع غير المستغلة والتي خوام مواقف السيارات ودراسات تقاطعات الطرق وتأثير النقل العام على السريان المروري،،، الخ. كما يمكن ان تستخدم ايضا لTRAFFIC ANALYSIS كمنشور خاصة بالكثافة المرورية-TRAFFIC DENSITY وLY CONTOUR MAPS ولتوفير مصدر ثابت لتخطيط الطرق والشوارع ومواقف السيارات.

(3) التمسح النائي

لن التمسح النائي هو احدث تطوير في مجال التصوير الجوي، مع هذا فلن كافة الصور الجوية هي بالحقيقة نماذجاً للتمسح النائي في ان بإمكانها ان تتمسح طبيعة الجسم بدون لمسه.

لن كل الصور تظهر التفاصيل من خلال مقارنة الضوء المنعكس من الاجسام المختلفة حيث يتكون هذا الضوء من طاقة الكترومغناطيسية باطوال موجات تتراوح بين 0.4 و 0.7 مايكرومتر. اما الطاقة التي تكون طول موجتها اقل من 0.4 مايكرومتر فتسمى "فوق البنفسجية-ULTRA VIOLET" والتي اكثر من 0.7 مايكرومتر تسمى "تحت الحمراء-INFRA RED"، وللمكان آلة التصوير تسجيل الطاقة التي تتراوح طول موجتها بين 0.3 و 1.2 مايكرومتر، ولكن الامر يتطلب استخدام معدات خاصة لقياس الطاقة الاعلى من ذلك.

في التصوير الملون، يكون كل لون مستقيل دالة للضوء المنعكس من الاجسام والذي هو بدوره دالة لخواص امتصاص وانعكاس الطاقة. وهكذا، لما كان للون الازرق مزايا لانعكاس تختلف عن اللون الاحمر فلن يكون من

الممكن التمييز بينهما، ومع ذلك، فبتحسس الطيف تحت الحمراء يمكن التمييز بين الأجسام المختلفة التي لها نفس اللون وذلك بسبب خواص انعكاس الطاقة المتغيرة. وهذه الظاهرة تأسير واضح جدا في مجال علوم البيئة، حيث تظهر الخضراوات المزدهرة والمريضة باللون مختلف على الرقائق الحساسة الملونة للأشعة تحت الحمراء (لون كاذب) حتى لو تظهر متشابهة بالنسبة للعين البشرية.

ولتسجيل الطاقة التي هي بين الكزمة 1 و 20 مايكرومتر تستخدم معدات تحسس حرارية للأشعة تحت الحمراء، حيث تقوم هذه الأجهزة بتسجيل التغيرات بالطاقة الناتجة عن التغيرات بدرجة الحرارة، حيث يجري تحسس الموقع من الجو شريط فضي ومن ثم تبني الصورة الحرارية، والمثال النموذجي لاستخدامها هو في مجال تلوث الانهار حيث تسجل درجات حرارة المواد الملوثة كاللوان تتدرج بين الأبيض والأسود، وبالربط بمناشئ هذه المواد الملوثة يمكن إجراء تحليل أكثر تفصيلا للنهر، ويمكن إجراء هذا النوع من التحسس نهارا أو ليلا، لكنه لا يتمكن من اختراق ظروف الضباب الجوية، ومن الاستخدامات الأخرى لهذه التقنية تحسس أنواع التربة والصخور وتقدير المحتوى الرطوبي WATER CONTENT للتربة المختلفة.

باستخدام رادار ذي تمسس جانبي محمول جوا يمكن بناء صور للموقع لمساحة مريضة بعملية تحسس واحدة، بحيث أن الرادار يعمل بمجال طيفي بين 0.5 ملم و 1متر، وهو يمكن أن يستخدم نهارا أو ليلا تحت أي نوع من أنواع الظروف الجوية، ويتم تجميع تفاصيل الأشباح على أساس الفروقات بالزمن بين الموجات الإلكترونية مفسنا طيحية المنعكسة، فمثلا يكون زمن الانتقال من تمت الطاقة مباشرة أقل مما هو في حافة خط التحسس، ويتم تحويل هذه الفروقات بالزمن إلى سعات لإشارات فيديو تسقط أشباحها على خط واحد من الأنبوبة أشعة كاثود، وهذه الطريقة تبني صورة الموقع بشكل مماثل لصورة جهاز التلفزيون الحالية.

وهكذا، باستخدام هذه المعدات يمكن التشغيل تحت أية ظروف جوية ليلا أو نهارا، وتبني هذه الأجهزة تميز بين أي نوع من التفاصيل التي تمتلك خواص انعكاس مختلفة، فالتطبيقات الممكنة لهذه التقنيات في الأعمال الهندسية هي إذن متنوعة.

أمثلة محلولة

مثال 1-3: المطلوب إعداد خرائط من صور جوية لمساحة مستطيلة بإبعاد 50 كم × 100 كم. حيث أن حجم الرقبة الحساسة لآلة التصوير 230 ملم × 230 ملم والبعد الجوّي 152 ملم. فإذا كان الطيران فوق الموقع بمعدل ارتفاع مقداره 3040 متر والتداخل الأمامي (60%) والتداخل الجانبي (30%)، أوجد:

(أ) عدد الصور المطلوبة لتغطية هذه المساحة، بالإضافة

مورتين التي كل نهاية شريط لضمان التغطية.
 (B) الفترة الزمنية بين لفطتين متعاقبتين إذا كانت
 السرعة الأرضية تساوي 130 كم/ساعة.
 (C) مقدار تشوه الصورة غلق مفدارها 1 إلى 300
 من الثانية لحاجب العدسة. (بوليتكنيك كنزتون)

الحل

(A) مقياس التصوير (f/H): $=152/3\ 040\ 000=1/20\ 000$
 طول الموقع بهذا المقياس: $=100\ 000/20\ 000=5M=5000MM$
 التغطية الفعلية لكل صورة تساوي (40%) من 230 ملم
 وتساوي 92 ملم.
 إذن عدد الصور لكل شريط: $=5000/92=54.3 \approx 55$
 إذن عدد الصور المطلوبة: $=55 + 4 = 59$
 عرض الموقع بهذا المقياس يساوي نصف طوله: $=2500\ MM$
 والتغطية الفعلية لكل شريط تساوي (70%) من 230 ملم
 وتساوي 161 ملم.
 إذن عدد الشرائط يساوي: $=2500/161=15.5 \approx 16$
 إذن العدد الكلي للصور: $=16 \times 59 = 944$

(B) تؤخذ صورة جديدة لكل (40%) من التغطية الأرضية
 لكل صورة، وهكذا فإن 92 ملم تماثل ($92 \times 20000MM=1840M$)
 على الأرض، وهكذا يكون الطول بالمقاييس هو القاعدة
 الجوية B.
 السرعة الأرضية: $=130\ KM/H = 36\ M/S$
 إذن الفترة الزمنية بين كل لفطتين متعاقبتين تساوي:
 $=1840/36 = 51.1\ S$
 (C) الأرض المفطاة خلال فترة (1/300) ثانية تساوي:
 $=36000/300 = 120\ MM$
 إذن مقدار تشوه الشبح على الصورة يساوي:
 $=120/20\ 000 = 0.006\ MM$

مثال 2-3: عرّف التعبيرين - نقطة الشاقول والمركز
 المشترك فيما له علاقة بالمسح التصويري. اشرح بأن
 الزاوية المقابلة لأي نقطتين عند المركز المشترك
 للصورة تساوي الزاوية المقابلة لها على الأرض.

أخذت صورة بالة تصوير ذات بعد بؤري 254 ملم
 وكانت تميل بمقدار (7°). أوجد المسافات بالمليمترات
 من النقطة الرئيسية (PP) في الصورة إلى نقطة الشاقول
 وإلى المركز المشترك.

الحل

لإجابة الجزء الأول من السؤال، انظر <الفترة 1-2-3 و
 2-3-6>. راجع <الشكل 3-3>.
 المسافة من النقطة الرئيسية إلى نقطة الشاقول تساوي:
 $=v = f \tan \theta = 254 \tan 7^\circ = 31.19\ MM$
 المسافة من النقطة الرئيسية إلى المركز المشترك تساوي:
 $=p = f \tan (\theta/2) = 15.54\ MM$

مثال 3-3: إثبت بأن العلاقة بين الزاوية α على الصورة المحصورة بين أي خط يمر بالنقطة الرئيسية والخط الذي يمثل أعلى ميل - والزاوية θ المقابلة لها على الأرض هي: $\tan \beta = \tan \alpha \cos \theta$ حيث أن β هي زاوية ميل آلة التصوير.

المقادير التالية هي إحداثيات الصورة المأخوذة بآلة تصوير ذات بعد بؤري مقداره 250 ملم لنقطة الشاطئ v وللشجرتين a و b للنقطتين الأرضيتين A و B .

النقطة	x ملم	y ملم
v	- 27.8	13.0
a	- 8.0	57.2
b	96.1	20.4

ماذا ستكون قيمة الزاوية الأفقية المقابلة لـ A و B عند النقطة الرئيسية الأرضية ؟ (جامعة لندن)

الحل

لإجابة الجزء الأول من السؤال انظر <الفترة 3-2-6> (المعادلة 3-9).

يجب التذكر دائماً بأن إحداثيات الصورة تقاس من محوري الاسناد بنقطة P كنقطة أصل <شكل 3-42>.

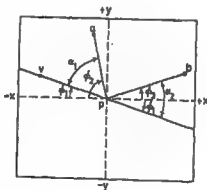
لذن المسافة (pv) تساوي: $pv = f \tan \theta = (27.8^2 + 13.0^2)^{1/2} = 30.7 \text{ mm}$
 $\therefore 250 \tan \theta = 30.7$
 $\therefore \theta = 7^\circ 00'$

من <الشكل 3-42> :

$$\phi_1 = \tan^{-1} 13/27.8 = 25^\circ 04'$$

$$\phi_2 = \tan^{-1} 57.2/8.0 = 82^\circ 02'$$

$$\therefore \alpha_1 = \phi_2 - \phi_1 = 56^\circ 58'$$



شكل 3-42

وبتم الحصول الآن على الزاوية المقابلة على الأرض من:

$$\tan \beta_1 = \tan \alpha_1 \cos \theta = \tan 56^\circ 58' \cos 7^\circ \quad \therefore \beta_1 = 56^\circ 46'$$

$$\phi_3 = \tan^{-1} 20.4/96.1 = 12^\circ 00' \quad \therefore \alpha_2 = \phi_3 + \phi_1 = 37^\circ 04'$$

كذلك :

ولكن : $\tan \beta_2 = \tan \alpha_2 \cos \theta \quad \therefore \beta_2 = 36^\circ 52'$

لإذن الزاوية (APB) على الأرض تساوي : $180^\circ - (\beta_1 + \beta_2) = 86^\circ 22'$

مثال 3-4: من مرسوم الخطوط القطرية، وجد بأن المسافة بين النقطتين الرغيبتين الأرضيتين لصورتين جويتين مختلفتين تساوي 654 متر. وكانت آلة التصوير ذات البعد البؤري 254 ملم شاقولية في كل صورة، كما كانت الطائرة قد حافظت على طيران مستوي. فلذا كان اختلاف النظر لنقطة A يساوي 93.60 ملم، أوجد ارتفاع الطائرة فوق A. أيضا أوجد منسوبي النقطتين B و C اللتين فرق اختلاف نظريهما عن A يساوي (+0.36) ملم و (-0.20) ملم على التوالي، علما بأن منسوب نقطة A هو 29.96 متر فوق مستوى الاسناد المساحي. (جامعة لندن)

الحل

هذا السؤال موضح في الشكل 3-31 من المثلثين المتشابهين ($L_1 AL_2$) و ($L_1 A_1 A'_1$) :

$$(H - h_A) = \frac{Bf}{P_A} = \frac{654 \times 254}{93.6} = 1775 \text{ m}$$

الذي يمثل ارتفاع الطائرة فوق A. لأن (المعادلة 3-19) تعبر نفسها إلى هذا السؤال بالذات بشكل مثالي.

$$\Delta h_{AB} = \frac{(H - h_A) \Delta P_{AB}}{P_A + \Delta P_{AB}} = \frac{1775 \times 0.36}{93.6 + 0.36} = 6.80 \text{ m.}$$

لإذن منسوب B يساوي :
كذلك (فوق مستوى الاسناد المساحي) $29.96 + 6.80 = 36.76 \text{ M}$

$$\Delta h_{AC} = \frac{(H - h_A) \Delta P_{AC}}{P_A + \Delta P_{AC}} = \frac{1775 \times (-0.20)}{93.6 - 0.20} = -3.80 \text{ m}$$

لإذن منسوب C يساوي :
(فوق مستوى الاسناد المساحي) $29.96 - 3.80 = 26.16 \text{ M}$

مثال 3-5: لإشرح ماذا يقصد بمعني اختلاف النظر PARALLAX فيما له علاقة بالصورة الجوية، كيف يمكنك قياس اختلاف نظر نقطة تظهر على كلتا صورتين متداخلتين إذا كانت عندك الوحيدة هي مسطرة مقسمة إلى ملليمترات ؟

هناك النقطتان A و B تظهران في منطقة تداخل صورتين جويتين شاقوليتين مأخوذتين من ارتفاع مقداره 2500 م فوق (MSL) بالآلة تصوير ذات بعد بؤري مقداره 152 ملم. حيث أن نقطة A تمثل وسط جسر في الوادي بينما B تمثل نقطة على معبر ضمن سلسلة من التلال. ولأجل تقدير قيمة الفرق بالارتفاع بين هاتين النقطتين فقد أخذت قياسات لتضيق اختلاف النظر وكما يلي :

النقطة A: متوسط القراءة 11.43 ملم
النقطة B: متوسط القراءة 5.90 ملم

إن متوسط منسوب الوادئ الذي يحموي التفتلين الرئيسيتين يساوي 82 م فوق مستوى الاسناد المساحي، بينما منسوب راقم التسوية (BM) على الجسر بالقرب من النقطة A يساوي 74.55 م فوق مستوى الاسناد المساحي.

فلذا كانت قائمتا الصورتين المذكورتين 89.1 ملم و 91.4 ملم على التوالي، اوجد ارتفاع النقطة B فوق A. (بوليتكنيك كركوتون)

الحل

راجع (الفقرة 3-7-2) للإجابة على الجزء الاول من السؤال.

لما كان منسوب النقطة A معلوم بدرجة ضبط كافية، يمكن احتساب اختلاف النظر لها من (المعادلة 3-18).

$$P_A = \frac{bH_A}{H - h_A}$$

$$b = \frac{b_1 + b_2}{2} = \frac{89.1 + 91.4}{2} = 90.25 \text{ mm} \quad \text{حيث ان}$$

$$H_A = 2500 - 82 = 2418 \text{ m} \quad H = 2500 \text{ m} \quad h_A = 74.55 \text{ m}$$

$$\therefore P_A = \frac{90.25 \times 2418}{2500 - 74.55} = 89.97 \text{ mm}$$

$$P_B = P_A + \Delta P_{AB}$$

حيث أن (ΔP_{AB}) هو الفرق باختلاف النظر وبساوي:
 $= 11.43 - 5.90 = 5.53 \text{ mm}$

وهذا "بضاف" لأن B هي بديهيا اعلى من A.
 $\therefore P_B = 89.97 + 5.53 = 95.50 \text{ mm}$

ولكن لما كانت [$P_B = (bH_B / (H - h_B))$] عليه،
(فوق مستوى الاسناد المساحي) $h_B = 214.9 \text{ m}$
لذن ارتفاع B فوق A يساوي: $140.4 \text{ m} = 214.9 - 74.55$

مثال 3-6: عندما تقوم طائفة بأخذ صورتين شاقوليتين متتاليتين خلال طيران مستوى يكون ارتفاعها فوق المحطة الارضية A مساويا H_A . واختلاف النظر لـ A على الصورة هو P_A واختلاف نظر النقطة الارضية B على ارتفاع h فوق A يساوي ($P_A + \Delta P$). أثبت بأنه يمكن الحصول على ارتفاع B فوق A من المعادلة:

$$h = H_A \frac{\Delta P}{P_A} \left(1 - \frac{\Delta P}{P_A} \right)$$

لن اختلاف النظر في زوج من الصور الجوية الشاقولية للنقطة A ذات الارتفاع المعلوم 112.82 م فوق (MSL) يساوي 91.4 ملم. كما أن تغييري اختلاف النظر للنقطتين P و Q يساويان (1.25 mm) و (0.87 mm) على التوالي. اوجد ارتفاعي P و Q فوق (MSL) لذا كان البعد الجوي لالة التصوير 254 ملم والقاعدة الجوية 722 م.

فلذا كانت الارض كلها بمنخفض مستوي A ، ماذا ستكون النسبة المئوية لتداخل الصور ذات الحجم (230MM x 230MM) ؟ (جامعة لندن)

الحل

بالرجوع الى (الشكل 3-31) وبفرض H_A كل ارتفاع للمطارة فوق A ، فلن : $P_A = f B / H_A$ فوق B ، لما كانت B ترتفع بمقدار h فوق A فلن : $P_B = \frac{fB}{H_A - h} = (P_A + \Delta P)$

ولكن :

$$H_A - (H_A - h) = \frac{fB}{P_A} - \frac{fB}{P_A + \Delta P}$$

$$\therefore h = \frac{fB}{P_A} \left(1 - \frac{P_A}{P_A + \Delta P} \right) = H_A \left(\frac{P_A + \Delta P - P_A}{P_A + \Delta P} \right)$$

$$= H_A \left(\frac{\Delta P}{P_A + \Delta P} \right) = H_A \frac{\Delta P}{P_A} \left(\frac{P_A}{P_A + \Delta P} \right)$$

$$= H_A \frac{\Delta P}{P_A} \left(\frac{1}{1 + \frac{\Delta P}{P_A}} \right) = H_A \frac{\Delta P}{P_A} \left(1 + \frac{\Delta P}{P_A} \right)^{-1}$$

والتي إذا فتحت الى اول حد فقط تعطى:

$$h = H_A \frac{\Delta P}{P_A} \left(1 - \frac{\Delta P}{P_A} \right)$$

ومن العلاقة ($P_A = f B / H_A$) ينتج:

$$H_A = \frac{fB}{P_A} = \frac{254 \times 722}{91.4} = 2006 \text{ m}$$

لذن ارتفاع P_A تحت A يساوي (h_p) :

$$h_p = H_A \frac{\Delta P}{P_A} \left(1 - \frac{\Delta P}{P_A} \right)$$

$$= 2006 \left(\frac{-1.25}{91.4} \right) \left(1 + \frac{1.25}{91.4} \right)$$

$$= -28.48 \text{ m}$$

اي ان P هي اعلى من A .
لذن ارتفاع P_A فوق (MSL) : $112.82 - 28.48 = 84.34 \text{ M}$

وبنفس الطريقة :

$$h_q = 2006 \times \left(\frac{0.87}{91.4} \right) \left(1 - \frac{0.87}{91.4} \right) = 19.86 \text{ m}$$

لذن ارتفاع Q_A فوق (MSL) : $112.82 + 19.86 = 132.68 \text{ m}$

المطلوب في البداية ايجاد طول الارض المغطاة بـ صور ذات حجم (230MM x 230MM) .

المقياس يساوي؛
 (الشكل 3-4) f/H = (المقياس)
 (الأبعاد المقابلة على الأرض) / (أبعاد الرقعة الحساسة)
 $G=1817 M$ ، $r = 230/G = 254/2006$

القاعدة الجوية تساوي 722 متر والتي أيضا هي "التغطية الفعلية" EFFECTIVE COVER - انظر (المثال 3-1).

إذن التغطية الفعلية؛ $40\% = (100\% / 1817) \times 722$
 إذن التداخل OVERLAP يساوي (60%).

مثال 3-7: عرف بوضوح ماذا يقصد باختلاف النظر في زوج من الصور الزوجية الشاقولية المتداخلة، الجدول التالي يعطي قراءات لفضيب اختلاف النظر لعدة نقاط في منطقة التداخل التجسيمي STEREPSOMIC OVERLAP لزوج من الصور.

ملاحظات	متوسط قراءات	نقاط
	الفضيب (مم)	الصورة
a	6.58	
b	11.31	
p ₁	5.98	
c	2.62	
(PP) للصورة 1		

إذا كان ملولاً قاعدتي الصورة في المورتين 1 و 2 يساويان 88.30 ملم و 84.28 ملم على التوالي، فيدون استخدام أية معطيات أخرى، احسب اختلاف النظر للقطعتين أعلاه.

ثم اوجد مناسب النقاط A و B و C إذا أعطيت المعطيات التالية: البعد الجوّري للعدسة ($f=150MM$) وارتفاع الطيران فوق الاسناد ($H=500M$) ومتوسط منسوب الأرض ($h=224.68M$) علماً بأن فضيب اختلاف النظر المستخدم كان قد أعطى قراءات متزايدة بازدياد المسافة بين النقاط.

(بوليتكنيك كنكرتون)

المحل

قد تحتاج الجملة الأخيرة في السؤال إلى بعض التفسير، حيث يجب أن يكون واضحاً عند تمحيص (الشكل 3-33) بأنه كلما زادت المسافة بين النقاط ينقص منسوبها، هنالك بعض فضبان اختلاف النظر مقسمة لتمثيل قراءات متزايدة بازدياد المسافة بين النقاط (فضبان كلاوسر CLAUSER BARS)، وهكذا تشير الزيادة في القراءة إلى انخفاض المنسوب وهكذا نقصان في اختلاف النظر. إن الفضيب الأمريكي أو المباشر يعطي قراءات نهائية REDUCED READINGS بازدياد المسافة بين النقاط، وهكذا يشير النقصان بالقراءة على هذا النوع من الفضيب إلى انخفاض بالمنسوب.

بشير (الشكل 3-34) إلى أن اختلاف النظر p يساوي b ، حيث أن b و p هما قاعدتا الصورتين واختلاف النظر p يساوي b .

على التوالي،
لأن اختلاف النظر P_1 يساوي 84.28 ملم.

$$\begin{aligned}\Delta P_{P_1} &= (5.98 - 6.85) = -0.87 \text{ m} & \therefore P_A &= 84.28 - 0.87 = 83.41 \\ \Delta P_{P_2} &= (5.98 - 11.31) = -5.33 \text{ mm} & P_B &= 84.28 - 5.33 = 78.95 \\ \Delta P_{P_3} &= (5.98 - 2.62) = +3.36 \text{ mm} & P_C &= 84.28 + 3.36 = 87.64\end{aligned}$$

بخفض بجلاء من نوع القضيب المستخدم بأن النقطتين A و B هما "أولاً" من P_1 ، وهكذا فإن اختلاف نظريهما يكون أقل ويجب طرح الفرق.

$$b = \frac{b_1 + b_2}{2} = 86.29 \text{ mm}$$

$$P_A = \frac{b(H-h)}{H-h_A} = \frac{86.29(500-224.68)}{500-h_A} = 83.41 \text{ mm} \quad \text{ومن :}$$

$$h_A = 215.17 \text{ m}$$

$$h_B = 199.08 \text{ m} \quad \text{and} \quad h_C = 228.92 \text{ m} \quad \text{وبنفس الطريقة :}$$

مثال 3-8: في زوج من المور الجوية المتداخلة تم قياس اللاحداشيات لقمة برج كهرباء كما يلي :

Y (ملم)	X (ملم)	قمة البرج (ت)
52.00	82.45	الصورة 1
48.84	- 74.88	الصورة 2

لأن نقطة اصل اللاحداشيات املأه هي النقطة الرئيسية (PP) والمور متكون من علامتي الاسناد للموريتين، كما أن قائمتي الصورة تضمنان الزاويتين 80° و 258° على التوالي مقاسة باتجاه عقرب الساعة من محور الـ (+Y).

ثم أخذت قياسات قضيب اختلاف النظر كما يلي: لقمة البرج كانت 35.63 ملم ولأسفل البرج كانت 41.89 ملم.

فلذا كان البعد الجوّري لعدسة آلة التصوير 152 ملم وارتفاع الطيران 2000 م وقاعدتا الصورة 92.84 ملم و 90.16 ملم على التوالي، وكان متوسط منسوب المنطقة 112 م فوق مستوي الاسناد، اوجد الارتفاع التقريبي للبرج.

الحل

من <الشكل 3-43> :
الصورة 1/

$$p_1 b_1 = p_1 c_1 / \cos 10^\circ = 82.45 / \cos 10^\circ = 83.72 \text{ mm}$$

$$b_1 c_1 = p_1 c_1 \tan 10^\circ = 82.45 \tan 10^\circ = 14.54 \text{ mm}$$

$$\therefore t_1 b_1 = t_1 c_1 - b_1 c_1 = 52.00 - 14.54 = 37.46 \text{ mm}$$

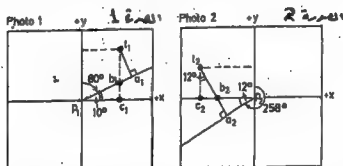
ثم :

$$b_1 a_1 = t_1 b_1 \sin 10^\circ = 37.46 \sin 10^\circ = 6.50 \text{ mm}$$

$$\therefore p_1 a_1 = p_1 b_1 + b_1 a_1 = 83.72 + 6.50 = 90.22 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 b_1c_1 &= l_2c_2 \tan 12^\circ = 48.84 \tan 12^\circ = 10.39 \text{ mm} \\
 b_2p_2 &= p_2c_2 - b_1c_1 = 74.88 - 10.39 = 64.49 \text{ mm} \\
 a_2p_2 &= b_2p_2 \cos 12^\circ = 64.49 \cos 12^\circ = 63.08 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

لأن اختلاف النظر لقمة الجرج (P_g) = 90.22 + 63.08 = 153.30 MM



شكل 3-43

من قياسات القنطير: $\Delta P_{t_b} = 41.89 - 35.63 = 6.26 \text{ MM}$
لأن اختلاف النظر لأسفل الجرج P_g = 153.30 - 6.26 = 147.04 MM

من المعادلة الأساسية لاختلاف النظر: $P_1 = b(H - h)/(H - h_1)$

$$\therefore h_1 = 2000 - \left[\frac{91.5(2000 - 112)}{153.3} \right] = 873 \text{ m OD} \quad \text{(> فوق مستوى الاسناد)}$$

$$h_2 = 2000 - \left[\frac{91.5(2000 - 112)}{147.04} \right] = 825 \text{ m OD} \quad \text{(> فوق مستوى الاسناد)}$$

لأن ارتفاع الجرج يساوي 48 متر.

3-12 المسح التصويري الأرضي TERRESTRIAL PHOTOGRAMMETRY

لأن هذا النوع من أعمال المسح التصويري تستخدم من الصور المأخوذة من محطات أرضية، ويسمى الجهاز المستخدم في ذلك "مزاوئ التصوير PHOTO-THEODOLITE" ويتألف من آلة تصوير دقيقة مركبة على مزاوئ. لأن المزاوئ تسمح بإيجاد الصور الرئيس PRINCIPAL AXIS لآلة التصوير نسبة إلى خط القاعدة BASE LINE.

3-12-1 مبدأ العمل

يتم تركيب آلة التصوير بإعتناء في كل محطة وتوزن بحيث يكون المحور الرئيس لآلة التصوير أفقياً ومستوياً الصورة شاقولياً. فموقع النقطة الأرضية على الخريطة يمكن أن يثبت بواسطة المسافات أو بواسطة الرسم أو من خلال أجهزة خاصة من الصورة الأرضية.

يشير «الشكل 3-44» إلى موقع النقطة B نسبة إلى محوري الاسناد للصورة، فيدعى المحور الأفقي X-خط الأفق

هذه الطريقة (شكل 3-45) يجري تدوير محور البصر بزاوية نسبة إلى خط القاعدة (L_1L_2) حيث أن الصور مأخوذة من كل من نهايتي خط القاعدة. ويمكن تعيين موقع النقطة A فخطوطها برسم خط القاعدة بالمقياس المطلوب، ويرسم اتجاه المحور الرئيس لكل محطة البصر بخط الأفق مرسوم عموديا على المحور، وترسم إحداثيات X للنقاط لتقاطع في A. أما منسوب النقطة نسبة إلى المستوى الرئيس فيمكن إيجادها من تشابه المثلثات (شكل 3-45B).

$$\frac{Y_A}{L_1A} = \frac{y_a}{L_1a_1}$$

$$L_1a_1 = (x_1^2 + f^2)^{\frac{1}{2}}$$

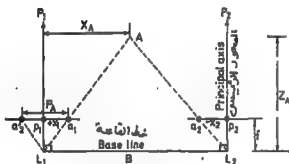
$$\therefore Y_A = \frac{L_1A \times y_a}{(x_1^2 + f^2)^{\frac{1}{2}}}$$

ولكن من (الشكل 3-45A):

... (30-3)

وقد تم استبدال هذه التقنيات البسيطة بالطرق التجسيمية STEREOSCOPIC METHODS التي حد كبير.

3-12-3 الطرق التجسيمية



شكل 3-46 : منظر افقي

لأجل تسهيل الرؤية المجسمة، تؤخذ الصور من كل من نهايتي خط القاعدة بالمحور الرئيس يصنع زاوية 90° مع خط القاعدة (شكل 3-46). ويجب أن تكون القاعدة ذات طول بحيث تمطي تقاطعا جيدا للشعاعات، كما يجب أن تقاس بشكل مضبوط لتقليل تسرب الأخطاء من هذا المصدر.

من (الشكل 3-46) يتضح بأن المثلثين (L_1AL_2) و ($a'_2L_1a_1$) متشابهان.

$$\therefore Z_A/L_1L_2 = L_1P_1/a_1a'_2$$

$$\therefore Z_A = \frac{fB}{P_A} \quad (\text{حيث أن } P_A \text{ هي اختلاف نظري}) \quad \dots (31-3)$$

كذلك :

$$X_A/Z_A = x_1/f \quad \therefore X_A = \frac{Z_A x_1}{f}$$

... (32-3)

من الشكل 3-45B:

$$y_A/y_o = \frac{L_1 A}{L_1 a_1} = \frac{Z_A}{f} \quad (\text{من الشكل 3-46})$$

$$\therefore y_A = \frac{Z_A y_o}{f} \quad \dots (33-3)$$

لاحظ بأن في المعادلة 3-31: $P_A = [x_1 - (-x_2)] = (x_1 + x_2)$
 فلذا كانت A التي يمين P_2 قرين P_A ؛
 بينما لدا كانت A التي يسار P_1 قرين P_A ؛
 $P_A = (x_1 - x_2)$
 $P_A = (x_2 - x_1)$

إضافة إلى هذا الحل الحسابي فإنه يمكن توجيه الصور في بعض أجهزة الرسم العالمية الكبيرة (وبلد WILD A7)، وبهذه الطريقة يتم إنتاج الخرائط.

3-12-4 التطبيقات

كانت هذه الطريقة قد وجدت أصلاً للمسوحات الطبوغرافية للمناطق الوعرة جداً، وعليه فإنها استُغلت بشكل واسع في سويسرا، وسوف نقيد الحالات التالية في استخداماتها لتشير إلى تطبيقات الوقت الحاضر:

- (A) مسح السطوح الوعرة الحادة في المطالع ومواقع السدود... إلخ، وكانت الطريقة تستخدم لمسح وجه قطعة انجرية في اسكتلندا بالمملكة المتحدة.
- (B) طريقة القاعدة القصيرة SHORT-BASE METHOD تستخدم لتحضير مخططات حوادث الطرق.
- (C) لقد تم استخدام هاتين الطريقتين سالفتي الذكر في المسوحات المطلوبة في الانفاق (جبال سنوي-SNOWY MOUNTAIN MERSY TUNNEL) ونفق ميرسي.
- (D) تسجيل التفاصيل المعمارية لإعادة بناء المباني الأثرية.
- (E) وقد تم استخدامها في كثير من المشاريع العلمية التي تتطلب القياس، كما في الصور التجسيمية للأجسام في بلد شديد الحرارة.
- (F) وحتن أنها كانت تستخدم لإنتاج خرائط كنتورية للحيوانات لأغراض التربية الحيوانية.

أمثلة محلولة

مثال 3-9: لاجل تعيين البعد الجوّري لآلة تصوير، فقد أخذت صورة أرضية من المحطة O للعلامتين P و Q اللتين يظهر شعبهما على الصورة المطبوعة، ولهما الإحداثيات المدرجة في الجدول أدناه، هذا وكانت الزاوية المحصورة بين P و Q عند آلة التصوير $(32^\circ 50')$.

بعد ذلك تم تثبيت آلة التصوير في كل من نهايتي خط القاعدة (AB) ذي الطول 350.52م وأخذت صورتان للعلامة X. وكانت الزاويتان بين المحور البصري لآلة التصوير

وخط القاعدة ($64^{\circ}20'$) و ($48^{\circ}30'$) هي A و B على التوالي.
أما لإحداثيات الشج X على الصورة المطبوعة فهي كما
مبين أدناه:

المسافة من خط الاق (ملم)	المسافة من الخط الرئيس (ملم)	الجسم على الصورة	المحطة
	+57.15	P	O
	-27.94	Q	O
+47.75	-23.37	X	A
-19.05	-70.10	X	B

وكان المحور الجسرى لالة التصوير أفقيا دائما وكان
منسوب النقطة A يساوي 35.78 م. أما ارتفاع آلة
التصوير في A وهي B فكان 1.30 متر. اوجد منسوب كل من
B و X ومسافة X من خط القاعدة.
(جمعية المهندسين المدنيين البريطانية)

الحل

من الشكل A47-3: $(\alpha + \beta) = 32^{\circ} 50'$

$$\tan(\alpha + \beta) = \frac{\tan \alpha + \tan \beta}{1 - \tan \alpha \tan \beta} = \frac{(27.94/f) + (57.15/f)}{1 - (27.94/f)(57.15/f)} = \tan 32^{\circ} 50'$$

$$\therefore \frac{(85.09/f)}{1 - (1596.77/f^2)} = 0.64528$$

$$\therefore 0.64528f^2 - 85.09f - 1030.36 = 0$$

$$\therefore f = 143 \text{ mm}$$

من الشكل B47-3:

$$\theta_A = \tan^{-1}(23.37/143) = 9^{\circ} 17' \quad \theta_B = \tan^{-1}(70.1/143) = 26^{\circ} 07'$$

لذن في المثلث (AXB)

$$\hat{A} = 73^{\circ} 37' \quad \hat{B} = 22^{\circ} 23' \quad \hat{X} = 84^{\circ} 00'$$

$$AX = \frac{AB \sin \hat{B}}{\sin \hat{X}} = 134.21 \text{ m} \quad \text{and} \quad BX = \frac{AB \sin \hat{A}}{\sin \hat{X}} = 338.14 \text{ m}$$

لذن المسافة العمودية لـ X من (AB) تساوي:
 $= AX \sin \hat{A} = 128.76 \text{ (متر)}$

من الشكل 3-47C:

$$\tan \phi_A = \frac{y_A \sin \theta_A}{x_A} \quad \dots (34-3)$$

$$\therefore \phi_A = \tan^{-1}(47.75 \sin 9^{\circ} 17') / 23.37 = 18^{\circ} 15'$$

$$\therefore XX' = AX \tan \phi_A = 44.24 \text{ (متر)}$$

$$= 35.78 + 1.30 = 37.08 \text{ (متر)}$$

$$= 37.08 + 44.24 = 81.32 \text{ (متر)}$$

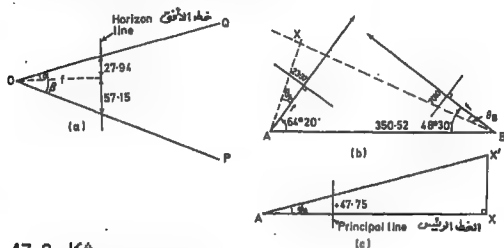
منسوب المستوي الرئيس
لذن منسوب النقطة X:

بعض الطريقة من B

$$\phi = \tan^{-1}(-19.05 \sin 26^\circ 07') / 70.10 = -6^\circ 49'$$

$$\therefore XX' = BX \tan \phi = -40.45 \text{ (متر)}$$

وحيث ان منسوب X من A هو 81.32 م ، فلن منسوب B :
 $= 81.32 + 40.45 = 121.77 \text{ (متر)}$



شكل 47-3

مثال 3-10: لأجل تعيين مساحة قطعة الارض (PQRS) وضع شاخص متميز في كل من الاركان الاربعة للقطعة وكانت هذه الشواخم الاربعة مركبة بوضوح على الصور الارضية ذات الحجم (230MM x 230MM) المأخوذة للقطعة من كل من نهايتي خط القاعدة ذي الطول 213.36م. وكان المصور البصري لالة التصوير في كل صورة انقلب كما كان متعامدا مع خط القاعدة. هذا وكان خط القاعدة باتجاه (شرق-غرب)، وكانت القطعة واقعة الى شماله. أما البعد البؤري لالة التصوير فكان 152 ملليمتر.

المعلومات المدرجة ادناه تعطي الاحداثيات X لاشواخ الشواخم الاربعة مقاسة من الصورتين:

القطب	الصورة 1 (غرب) الاحداثي مقاس من النقطة الرئيسية (ملليمتر)	الصورة 2 (شرق) الاحداثي مقاس من النقطة الرئيسية (ملليمتر)
P	8.3	-56.0
Q	71.6	14.0
R	106.1	20.7
S	11.0	-74.4

اوجد مساحة القطعة بالامتار المربعة.
 (جمعية المهندسين المدنيين البريطانية)

الحل

من (الفترة 3-12) ، لن (المعادلتين 3-31 و 3-32) هما
 على التوالي :
 $Z = f B/P$ و $X = Z x/f$

ولإيجاد الأمداشيات الأرضية للشواخص :

$$Z = 153 \times 213.36 / (8.3 + 56.0) = 507.68M$$

(شمال محطة القاعدة 1)

$$X = 507.68 \times 8.3 / 153 = 27.51M$$

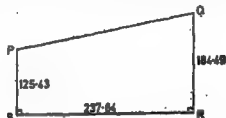
(شرق محطة القاعدة 1)

وبنفس الطريقة :

$$Q = 566.74M \text{ (شمالا) } R = 265.15M \text{ (شرقا) }$$

$$R = 382.25M \text{ (شمالا) } S = 264.15M \text{ (شرقا) }$$

$$S = 382.25M \text{ (شمالا) } T = 27.51M \text{ (شرقا) }$$



شكل 3-48

وهكذا فإن الأمداشيات تمثلي شكلا كالذي مبين في (الشكل 3-48).

لأن المساحة تساوي :

$$= [(125.43 + 184.49) / 2] \times 237.64 = 36\ 825 \text{ (متر مربع)}$$

لعارين

3-1 لشرح طريقة إنتاج مرئسم ضبط ثانوي من طاقم من الصور الجوية المتداخلة، بفرض أن نقطتين أرضيتين للضبط تظهران في كل من نهايتي المسار (الضرب)، كيف تستخدم هاتين النقطتين لتعديل مقياس المخطط ؟
لشرح أيضا كيف تحضر وكيف تستخدم القوالب المخرمة SLOTTED TEMPLATES ، وكيف يتأثر تعديل المقياس في هذه الحالة ؟

3-2 لشرح كيف يتم إنشاء خط القاعدة لزوج من الصور الجوية الشاقولية الذي يكون تفويبه المبل فيهما مهما، وكيف يجري تشبيهما في جهاز التجسيم للنظر اليهما، لشرح كيف يمكن إيجاد موقع كنتور معين باستخدام قضيب اختلاف النظر ، واستخرج - ابتداء بالمبادئ الأولية - معادلة اختلاف النظر التي يحن عليها هذا العمل، (جمعية المهندسين المدنيين البريطانية)

3-3 في النية لإعداد خارطة لموقع بأبعاد 12 كم × 30 كم بمقياس (1/20 000) من خلال عملية تصوير جوي شريطي STRIP PHOTOGRAPHY وذلك باستخدام آلة تصوير ذات عدسة بعدها البؤري 152 ملم معطية مسورا بحجم 230 ملم مربع، وقد افترض بأن السرعة التشغيلية للطائرة تساوي 200 كم/ساعة كما كان يجب توفير تداخل طولي للصور بمقدار (60%) وتداخل عرضي بمقدار (25%).

أوجد : (A) معدل الارتفاع الذي يجب أن تعبر به الطائرة فوق الأرض.

(B) الفترة الزمنية بين التقاط كل صورتين

مختاليتين في اي مسار واحد،
(C) اقل عدد من الصور المطلوبة. (جامعة لندن)
[الجواب: (A) 3040 متر (B) 33.1 ثانية (C) 5705 صورة]

3-4 اشرح لماذا تظهر ارتفاعات المباني والاشجار... والرخ
مضغمة عندما ينظر الى زوج من الصور الجوية الشاقولية
تجسيماً STEREOSCOPICALLY.
مدخنة مصنع بارتفاع 122م. تظهر في النقطة الرئيسية
لصورة جوية شاقولية. وفي الصورة التالية التي اخذت
بعدها بفترة قصيرة - والتي هي ايضا شاقولية - كانت
القاعدة المدخنة على محور السح وعلين مسافة 83.82 ملم
التي يسار النقطة الرئيسية. وكل من الصورتين كانت بحجم
203ملم x 203ملم.

فلذا علمت بان ارتفاع طيران الطائرة فوق الارض كان
792م وان البعد الجوّي لعدسة التصوير كان 127ملم.
اوجد (A) بعد قبة المدخنة من محور السح على الصورة
الثانية و (B) النسبة المئوية للتداخل بين الصورتين.
(جمعية المهندسين المدنيين البريطانية)
[الجواب: (A) 91.2 ملم و (B) 58.7%]

3-5 يوضح الجدول التالي قائمة بقراءات قضيب الاختلاف
النظر على ثلاث نقاط A و B و C.

القراءة	A	B	C
الاولى	6.98	5.56	7.82
الثانية	6.99	5.58	7.84
الثالثة	6.96	5.55	7.79
الرابعة	6.99	5.55	7.83

النقطة A هي نقطة ضبط ارضي ذات منسوب يساوي 184م
فوق مستوي الاسناد المساحي. وقد اخذت الصور من ارتفاع
3500م (MSL) باستخدام عدسة ذات بعد بؤري مقداره 150ملم.
وقد تم خطا القاعدة للصورتين فكانا 84.20 ملم و 86.28
ملم على التوالي، بينما كان متوسط ارتفاع الموقع في
منطقة التداخل 120م فوق مستوي الاسناد المساحي.

اوجد المنسوب التقريبي للنقطتين B و C. علما بان
قضيب اختلاف النظر المستخدم كان قد اعطي قراءات
مختلفة بارتفاع المسافة بين اطلاق القضيب MEASURING
PLATES.
(جوليتكنيك كينغتون)
[الجواب: 122م ، 216م فوق مستوي الاسناد المساحي]

3-6 لاستخرج تعبيراً لاختلاف نظر نقطة تظهر على زوج من
الصور الجوية المتداخلة.
كانت سرعة طائرة مكلقة باعمال مسح جوي 200 كم/ساعة.
فلذا كان ارتفاع الطيران 2000 متر فوق مستوي الاسناد
وكانت الصور قد اخذت على فترات زمنية مقدراها 20 ثانية
باستخدام آلة تصوير ذات بعد بؤري مقداره 254 ملم ،

أوجد طول القاعدة الجوية.

وهكذا ، أوجد ارتفاع البرج الذي يظهر في صورتين متتاليتين إذا كان الفرق في قياسي اختلاف النظر بين قاعدته وقمته 1.51 ملم. علما بأنه كان قد وجد من أعمال مسح ضبط أرضي بأن منسوب قاعدته يساوي 15.00 متر فوق مستوى الاسناد.

ماذا كان مقياس الصورتين إذا افترض بأن منسوب الموقع كان بنفس مستوى الاسناد؟ (جوليتكنيك كنكزتون)
[الجواب: 1111.2 م ، 21 م ، 1 إلى 7874]

3-7 استخدمت مزواة تصوير ذات بعد بؤري 150 ملم لآخذ صورة عند كل من نهايتي خط القاعدة (AB) الذي طوله 250 م. وفي كل من المالتين كان المحور البصري لآلة التصوير أفقيا وارتفاع الجهاز ثابتا ، وكانت الزاويتان الأفقيتان بين المحور البصري وخط القاعدة كما هيستا في 8 و مساويتان 60° و 48° على التوالي.

كانت الاحداثيات (نسبة إلى النقطة الرئيسية لكل صورة مطبوعة) للنقطتين P و Q اللتين يظهر شعباهما في الصورتين كما مدرجة ادناه:

	لحداثيات P (ملم)		لحداثيات Q (ملم)	
	X	Y	X	Y
المصورة في A	-10.8	0	17.6	8.4
المصورة في B	-24.8	-2.0	36.0	لم يفس

أوجد المسافة الأفقية بين النقطتين P و Q والفرق بالمنسوب بينهما ، كذلك أوجد الفرق بالمنسوب بين A و B. (جمعية المهندسين المدنيين البريطانية)
[الجواب: (PQ) يساوي 90.50 م ، 13.46 م ، 3.02 م C]

3-8 ماهي فوائد ومضار استخدام مزواة التصوير في أعمال المساحة؟

أخذت مورتان تجسميتان من نهايتي خط القاعدة (PQ) الذي طوله 60.00 م بآلة تصوير التي كان البعد البؤري لعدستها 165 ملم. وهناك نقطة R متميزة بوضوح في كل من الصورتين ، وهي تظهر إلى يمين الشجرة العمودية في كل من المالتين. وكانت القياسات الأفقية والشافولية ، في الصورة المأخوذة من P ، من الشجرتين المتقاطعتين 45.72 ملم و 6.10 ملم على التوالي ، بينما كانت القياسات المماثلة لها على الصورة الثانية 4.32 ملم و 3.05 ملم على التوالي.

أوجد موقع R على الخارطة. نسبة إلى P و Q ووجد الفرق بالمنسوب لمحور آلة التصوير البصري بين موقعها في P و Q. (جمعية المهندسين المدنيين البريطانية)

[الجواب: $Z_R = 239.13\text{M}$ وبعد X_R من P يساوي 66.26 م وبعد X_R من Q يساوي 6.26 متر والفرق بالمنسوب يساوي 4.42 م C]

علم الفلك الحقل Field astronomy

تستخدم الارصاد الفلكية عموما لاجاد زاوية سمت خط نسبة الى خط الزوال الحقيقي TRUE MERIDIAN ، ولايجاد خط مرفق وطول نقطة، وبهذه الطريقة يمكن تعيين مواقع المسوحات وتثبيت اتجاهاتها على سطح الارض ، وتعيين مواقع نقاط الضبط للخراطة ذات المقاييس الصغير ، والسيطرة على زاوية السمت في اعمال التضليع ذات المقاييس الكبير.

1-4 المثلثات الكروية SPHERICAL TRIGONOMETRY

لأجل احتساب الارصاد الفلكية يتطلب الامر استخدام المثلثات الكروية. فالمثلث الكروي يعرف بوضوح اكثر بعرض الارض كرة تامة وبأخذ خطوط على سطحها ، ومن المهم ان يفهم بأنه يجب ان تكون كافة الاضلاع الثلاثة للمثلث الكروي اقواسا ، أي اجزاء من دوائر عظمى GREAT CIRCLES، و"الدوائر العظمى" هي تلك الدوائر التي يكون مركزها مركز الكرة الأرضية وتمتد قطرها مساويا لنصف قطر الارض، وهكذا يكون خط الاستواء كما تكون كافة دوائر خطوط الطول على سطح الارض دوائر عظمى ، بينما تكون كافة خطوط العرض المتوازية الاخرى "دوائر صغرى" SMALL CIRCLES. ففي الشكل 4-1 > لذن ، يكون المثلث (PAB) كرويا ولكن المثلث (PCD) ليس كروي، ولما كانت الدوائر العظمى هي دوائر با'كبر نصف قطر قرن اقصر مسافة بين نقطتين على سطح الارض هي قوس من دائرة عظمى يصل بين هاتين النقطتين.

وكما في المثلثات المستوية ، قرن للمثلث الكروي ثلاثة اضلاع وثلاث زوايا ، والطريقة التي تعرف بها هذه الكميات هي كما يلي - انظر الشكل 4-2 >:

(A) تقاس الزوايا X و Y و Z عموديا على المستويات المتبادلة لها ، وليس من الضروري ان يكون مجموعها 180° ،
(B) تعرف الاضلاع x و y و z بالزوايا التي تقابلها في مركز الكرة. وهكذا يكون "طول" الضلع z هو الزاوية (XOZ).

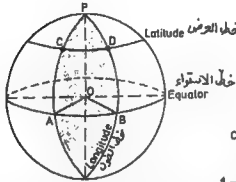
ان معادلات المثلثات الكروية التالية هي كل ما يحتاجه الطالب لحل المسائل الفلكية:

(1) لدا اعطيت ثلاثة اضلاع x و y و z (شكل 4-2) وطلب ايجاد الزوايا ، او لدا اعطي ضلعان والزاوية المحصورة وطلب

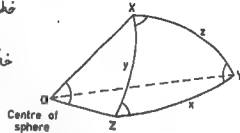
ايجاد بقتية الاضلاع ، استخدم قانون جيب التمام :

$$\cos x = \cos y \cos z + \sin y \sin z \cos X$$

...<1-4>



شكل 1-4



شكل 2-4

(2) إذا أعطيت زاويتان و ضلع مقابل وطلب ايجاد الضلعين الباقيين ، او إذا أعطى ضلعان وزاوية مقابلتهما وطلب ايجاد الزاويتين المقابلتين الباقيتين ، استخدم قانون الجيوب :

$$\frac{\sin X}{\sin x} = \frac{\sin Y}{\sin y} = \frac{\sin Z}{\sin z}$$

...<2-4>

(3) إذا أعطيت زاويتان و ضلع محصور وطلب ايجاد ضلع، او إذا أعطى ضلعان والزاوية المحصورة وطلب ايجاد زاوية، استخدم قانون الاربعة حدود FOUR PARTS RULE :

$$\sin X \cot Y = \sin z \cot y - \cos x \cos X$$

...<3-4>

(4) تستخدم قاعدة نابيير NAPIER'S RULE في حل المثلثات الكروية فثلاثة الزوايا (شكل 4-3)، فاستخفاء الزاوية القائمة ، تعرف الاجزاء الخمسة الباقية بانها الضلعان x و y اللذان يوفيان طرفي الزاوية القائمة والثلاثة اجزاء المكملية الباقية.

يتم إدخال الاجزاء الخمسة بتسلسل باتجاه عقرب الساعة في الدائرة (شكل 4-3)، فيمكن الان لاي جزء ان يعرف بانه "الجزء الوسطى" والجزءان اللذان يقعان الى جانبيه بـ "الجزئين المجاورين" ثم الجزءان الباقيان بـ "الجزئين المقابلين". وعليه فلن قاعدة نابيير يمكن ان تكتب :

$$\sin(\text{الجزء الوسطى}) = \sin(\text{الجزئين المقابلين}) = \cos(\text{الجزئين المجاورين})$$

...<4-4>

$$\text{أو : (ضرب ظلي الجزئين المجاورين)} = \sin(\text{الجزء الوسطى})$$

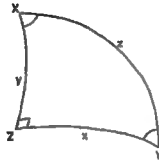
...<5-4>

$$\sin(90^\circ - X) = \cos x \cos(90^\circ - Y) = \cos x \sin Y$$

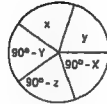
أى :

$$\sin(90^\circ - X) = \tan y \tan(90^\circ - z) = \tan y \cot z$$

أو :



(a)



(b)

شكل 4-3A

شكل 4-3B

يمكن أن تستخدم الثلاث معادلات الأولي أيضا أي <4-1> إلى <4-3> لحل المثلث الكروي قائم الزاوية ، ولكن تطبيق قاعدة نابيير هي أبسط، وينفس الطريقة يمكن تجزئة أي مثلث إلى مثلثين قائمي الزاوية ويجري حلها باستخدام قاعدة نابيير، ويمكن أن يؤدي تطبيق هذه المعادلات في حل المثلثات الكروية التي غوامض ، ومع ذلك عموما تعطين معلومات كافية لتحديد موقع الجسم الفضائي المرصود لتتمكن من حل هذه الغوامض .

سوف يجري الآن توضيح تطبيق المثلثات الكروية على المسائل الهندسية غير القابلة من خلال الأمثلة المطروحة التالية:

أمثلة محلولة

مثال 4-1: من المقترح وضع قاتلو لغواصة بالقصر مسار له من محطة M (خط عرض $34^{\circ}55'$ جنوبا وخط طول $56^{\circ}10'$ غربا) إلى محطة أخرى T (خط عرض $33^{\circ}56'$ جنوبا وخط طول $18^{\circ}28'$ شرقا) ، بفرض أن الأرض هي كرة بحيث أن 31م على سطح الأرض تقابل 1° من القوس عند مركزها ، اوجد:

(A) طول القاتلو بالكيلومترات (بإهمال الغروقات بالمنسوب) (B) الاتجاه الذي يجب أن يشرع فيه قارب إرساء القاتلو من M و (C) أقصى خط عرض إلى الجنوب يتم الوصول إليه.

الحل

راجع <الشكل 4-4>:

طول الضلع (MP):

$$= t = (90^{\circ} - 34^{\circ}55') = 55^{\circ}05' \quad (\text{خط عرض M' مقاسا من القطب})$$

طول الضلع (TP):

$$= m = (90^{\circ} - 33^{\circ}56') = 56^{\circ}05' \quad (\text{خط عرض T مقاسا من القطب})$$

الزاوية (MPT):

$$= P = (56^{\circ}10' + 18^{\circ}28') = 74^{\circ}38' \quad (\text{الفرق بخطوط الطول})$$

(A) بواسطة قانون جيب التمام: $\cos p = \cos t \cos m + \sin t \sin m \cos P$

$$= \cos 55^{\circ}05' \times \cos 56^{\circ}04' + \sin 55^{\circ}05' \times \sin 56^{\circ}05' \times \cos 74^{\circ}38'$$

$$\therefore p = \cos^{-1} 0.49982 = 60^{\circ}00' \text{ or } 300^{\circ}00'$$

$$p = 60^\circ \times 3600 \times 31 \text{ m} = 6696 \text{ km}$$

إذن طول القابلو P :

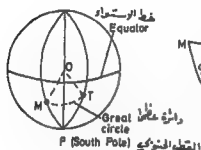
لاحظ جيدا : ينتج من الفرق بخطوط الطول بأن $300^\circ 00'$ لا يمكن أن تكون القيمة المطلوبة.

(B) لإيجاد الزاوية M ، استخدم قانون الجيوب :

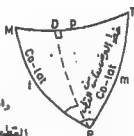
$$\frac{\sin M}{\sin m} = \frac{\sin P}{\sin p} \quad \therefore \sin M = \frac{\sin 56^\circ 04' \times \sin 74^\circ 38'}{\sin 60^\circ 00'}$$

$$\therefore M = \sin^{-1} 0.92379 = 67^\circ 29' \text{ or } 112^\circ 31'$$

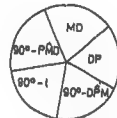
إذن هالاتجاه الذي يجب أن يشرع به هو ($S67^\circ 29'E$). ويمكن حل الغموض اعلاه من حقيقة أن الزوايا الثلاث المثلث يجب أن تجمع إلى 180° وإذا الزيادة الكروية SPHERICAL EXCESS وأن الزاوية في A ستكون مشابهة إلى تلك الزاوية في M. وحيث أن الزيادة الكروية لا يمكن أن تكون كبيرة فإن الزاوية لا يمكن أن تكون $112^\circ 31'$.



شكل A4-4



شكل B4-4



شكل 5-4

(C) في المثلث قائم الزاوية (MDP) ، من الضروري إيجاد الضلع (DP) ، أي أن الزاوية المتكونة في النقطة D الواقعة في أقصى الجنوب هي قائمة. فإدخال المركبات في (الشكل 5-4) :

$$\sin DP = \cos(90^\circ - PMD) \cos(90^\circ - \text{lat})$$

$$= \sin PMD \sin \text{lat} = \sin 67^\circ 29' \times \sin 55^\circ 05'$$

$$\therefore DP = \sin^{-1} 0.75748 = 49^\circ 14' \text{ or } 130^\circ 46'$$

أي أن (DP) هو خط عرض D مقاسا من القطب ، أي :
[خط عرض D = $90^\circ - 49^\circ 14' = 40^\circ 46'$ وهو يجدها $49^\circ 14'$.

إذن اقصر خط عرض إلى الجنوب هو :
 $= (90^\circ - 49^\circ 14') S = 40^\circ 46' S$

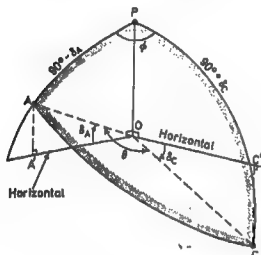
مثال 2-4: للمحطات الثلاث A و O و C المناسب 646.2 متر 457.29 متر و 364.29 متر على التوالي، و السيكستانات بسجل الزاوية (AOC) كـ $55^\circ 20' 20''$ ، فلذا كانت المسافة من A إلى O هي 405.4 م ومن O إلى C هي 731.5 م مقاسة أفقيا لكليهما. اوجد الفرق بالسمت بين الخطين (OA) و (OC).

قد بتذكر من 'المسح الهندسي/الجزء الاول' بان السيكسانت يقيس الزاوية في المستوى (AOC)، أي ان θ تساوي طول القطع (AC) في المثلث الكروي (APC) (شكل 4-6).

بأخذ كنقطة إسناد يمكن احتساب الزاويتين (δA) و (δC)، وهكذا يستخرج طول القطعين الباقين (AP) و (PC). والزاوية المطلوبة من حل المثلث الكروي هي θ وهي الزاوية الأفقية بين المستويين (ADP) و (COP)، وهذه الزاوية هي التي يجب الحصول عليها بالزاوية. وهكذا:

$$AA' = (646.2 - 457.2) = 189.0 \text{ m} \quad CC' = (457.2 - 364.2) = 93.0 \text{ m}$$

$$\therefore \delta A = \tan^{-1} \left(\frac{189.0}{405.4} \right) = 24^\circ 59' 43'' \quad \delta C = \tan^{-1} \left(\frac{93.0}{731.5} \right) = 7^\circ 14' 44''$$



شكل 4-6

وبواسطة قانون جيب التمام:

$$\begin{aligned} \cos P &= \frac{\cos AC - \cos(90^\circ - \delta A) \cos(90^\circ + \delta C)}{\sin(90^\circ - \delta A) \sin(90^\circ + \delta C)} \\ &= \frac{\cos(55^\circ 20' 20'') - \cos(65^\circ 00' 17'') \cos(97^\circ 14' 44'')}{\sin(65^\circ 00' 17'') \sin(97^\circ 14' 44'')} \end{aligned}$$

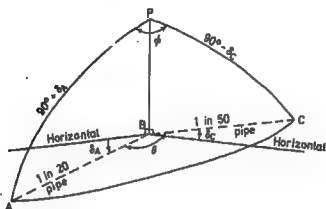
$$\therefore \cos P = 0.691813$$

لاحظ جيدا بان: $\cos 97^\circ 14' 44'' = -\cos 82^\circ 45' 16''$ وهكذا تتغير الإشارة في المعادلة أعلاه.

$\therefore P = 46^\circ 13' 34''$ والقيمة المحتملة الأخرى لم تقع في الربع الرابع وهي طبعاً غير مقبولة.

مثال 4-3: المطلوب مد خط الجنوب (شكل 4-7) بين ثلاثة أوتاد A و B و C على الأرض، وكان المعروف ان بمد الجنوب بميلين صاعدين مقدارهما 1 الى 20 من A الى B و 1 الى 50 من B الى C. وقد قيست الزاوية الأفقية (ABC) بجهاز مزواة

فكانت $45^{\circ}30'30''$. لحسب الزاوية التي يجب إحناء الاندوب خلالها .
(جوليتكنيك كنگزتون)



شكل 4-7
المل

إن هذا المثل هو في الواقع عكس المثل السابق . ففي هذه الحالة الزاوية الأفقية ϕ هي المعروفة والمطلوب إيجاد الزاوية δ .

$$\delta A = \cot^{-1} 20 = 2^{\circ} 51' 45''$$

$$\delta C = \cot^{-1} 50 = 1^{\circ} 08' 45''$$

وبواسطة قانون جيب التمام :

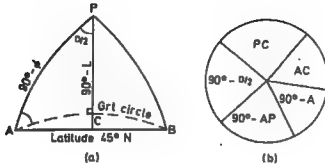
$$\begin{aligned} \cos AC &= \cos AP \cos PC + \sin AP \sin PC \cos P \\ &= \cos(90^{\circ} + \delta A) \cos(90^{\circ} + \delta C) + \sin(90^{\circ} + \delta A) \sin(90^{\circ} + \delta C) \cos \phi \\ &= \cos 92^{\circ} 51' 45'' \times \cos 88^{\circ} 51' 15'' + \sin 92^{\circ} 51' 45'' \times \sin 88^{\circ} 51' 15'' \\ &\quad \times \cos 45^{\circ} 30' 30'' \\ &= -0.000999 + 0.699792 = 0.698793 \end{aligned}$$

(زاوية إحناء الاندوب) $\theta = 44^{\circ} 40' 12'' = (\text{الضلع } AC)$.

مثال 4-4: لإشرح لماذا تبحر السفينة - التي تروم السطر بين مرفأين في البحر - على قوس الدائرة العظمى التي يقطع عليها المرفأين.

إذا ابجرت سفينة على الدائرة العظمى التي تصل بين موقعين خط عرض كل منهما 45° شمالاً ، بين جان أعلى خط عرض يمكن أن تصل اليه السفينة خلال إبحارها يعطى من $(\cot L = \cos(D/2))$ ، حيث أن D هي الفرق بين خطي طول الموقعين.

أوجد اقصر مسافة تقاس على سطح الأرض بين مدينة نيويورك (خط عرض $40^{\circ} 35'$ شمالاً وخط طول $74^{\circ} 00'$ غرباً) وكييب تاون (خط عرض $33^{\circ} 56'$ جنوباً وخط طول $18^{\circ} 26'$ شرقاً) . علماً بأنه يمكن اعتبار أن نصف قطر الأرض هو 6370 كم. (جامعة لندن)



شكل 8-4

لأن سبب سلوك السفينة قوس الدائرة العظمى التي يقطع عليها المرفأين عادة هو أن الدائرة العظمى لها أكبر نصف قطر وبذلك فهي أقصر مسافة بين النقطتين. فبواسطة قاعدة تاجبير في <الشكل 8-4>:

$$\sin(90^\circ - D/2) = \tan PC \times \tan(90^\circ - AP)$$

$$PC = (90^\circ - L) \text{ and } AP = 45^\circ$$

ولكن :

$$\therefore \cos(D/2) = \tan(90^\circ - L) \tan 45^\circ = \cot L$$

من خطوط المرفأ والطول المعطاة لكل الموضعين يمكن الحصول على ضلعين وزاوية محصورة للمثلث الكروي (APB) في <الشكل 9-4> والمطلوب احتساب الضلع (AB).

$$\theta = (74^\circ 00' + 18^\circ 26') = 92^\circ 26'$$

$$AP = (90^\circ - 40^\circ 35') = 49^\circ 25'$$

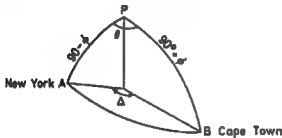
$$BP = (90^\circ + 33^\circ 56') = 123^\circ 56'$$

وبواسطة قانون جيب التمام:

$$\cos AB = \cos 49^\circ 25' \times \cos 123^\circ 56' + \sin 49^\circ 25' \times \sin 123^\circ 56' \times \cos 92^\circ 26'$$

$$\therefore \cos AB = -0.389908$$

$$\therefore AB = -67^\circ 03' 04'' = 112^\circ 56' 56'' = \Delta$$



شكل 9-4

لأن أقصر مسافة بين مدينتي نيويورك وكيب تاون: RA rad =

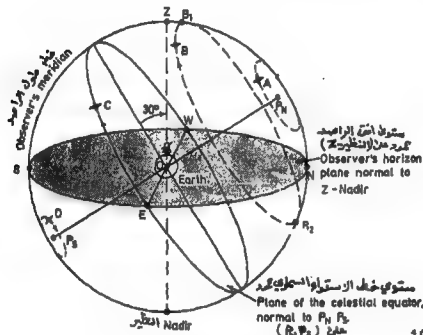
$$\therefore RA = \frac{6370 \times 406616''}{206265} = 12557 \text{ km (كم)}$$

لاحظ بأن زاوية قطريه واحدة (1 RAD) تساوي 206265° .

من المهم جدا ان يعود القارئ نفسه على التعاريف التالية ويفهمها جيدا.

(1) القبة السماوية CELESTIAL SPHERE

هذه هي لقاعدة الاولين والاساسية في علم الفلك (شكل 4-10)، حيث يفترض بان الارض ثابتة وواقعة في مركز كرة ذات نصف قطر غير متناه، وهذه تسمى "القبة السماوية"، ويفترض بان كافة الاجسام السماوية مكتبة على سطحها وهي تدور ظاهريا من الشرق الى الغرب (باتجاه عقرب الساعة إذا نظر باتجاه الجنوب بالنسبة لنصف الكرة الشمالي).



شكل 4-10

(2) القطبان السماويان CELESTIAL POLES ودايرة الاستواء السماوية CELESTIAL EQUATOR

القطبان السماويان P_N و P_S في الشكل 4-10 هما جسامة بمثلان لامتدادى قطبي الكرة الأرضية الشمالي والجنوبي، بينما تكون دايرة الاستواء السماوية لامتدادا لخط الاستواء الأرضي، ومن ذلك ينتج بان مركز الكرة الأرضية O هو أيضا مركز القبة السماوية.

(3) السميت (ZENITH)

يحين (الشكل 4-10) راصدا على سطح الارض بخط عرض 30° شمالا، فلذا مد خط الشاقول المتجه الى مركز الارض (باتجاه الجاذبية الأرضية) الى الاعلى فسوف يقطع القبة

السماءية في Z ، وهذا هو موقع الراصد على القطب السماوية.

أما إذا مد هذا الخط إلى الأسفل فسوف يقطع القطب السماوية في "النظير NADIR" للراصد ويمكن إهمال هذا التعبير فيما بعد.

(4) مستوى الأفق (HORIZON PLANE (NESW)

لأن هذا المستوى هو عمودي على سمت الراصد (شكل 4-10) مارا بمركز الأرض. وحيث أن حجم الأرض صغير جدا بالنسبة لحجم القطب السماوية ، يمكن إعتبارها كأنها نقطة 0. وهكذا يمكن إعتبار أن الأفق الراصد هو المستوى الذي تقاس منه الزوايا الشاقولية إلى الأجسام السماوية بواسطة المزاوة.

(5) خطوط الطول (الزوال) السماوية CELESTIAL MERIDIANS

تتفهم دوائر خطوط الطول السماوية بسهولة أكثر إذا اعتبرت بأنها امتدادات لدوائر خطوط الطول على سطح الأرض. وفي الشكل 4-10: (SZN) يمثل خط الزوال السماوي للراصد ، ويحوي مستوى دائرة خط الزوال السماوي دائما عموديا على مستوى الأفق الراصد، في حين عندما تمر دائرة خط الزوال السماوي من نجم أو جرم سماوي آخر تدعى عموما "دائرة ميل DECLINATION CIRCLE" النجم.

(6) الشاقول الرئسي PRIME VERTICAL

لأن خط الاستواء السماوي يقطع مستوى الأفق في نقطتي المجهتين الأصليتين الشرق E والغرب W. فدائرة خط الزوال السماوية المارة بـ (EZW) تسمى "الشاقول الرئسي".

(7) العبور TRANSIT أو التكدب CULMINATION

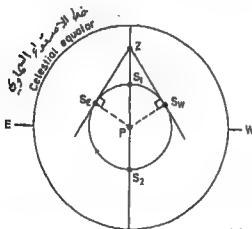
يظهر (الشكل 4-10) أربعة نجوم A و B و C و D تدور من الشرق إلى الغرب حول المحور القطبي. فلذا نظر إلى هذه النجوم من خارج القطب الشمالي السماوي P_N ستظهر حركة النجوم باتجاه عقرب الساعة ، وستكون هذه الحركة بعكس اتجاه عقرب الساعة عندما ينظر إليها من خارج القطب السماوي الجنوبي P_S . لأن النجم A الذي يقع على بعد عدة درجات فقط من القطب يقطع دائرة صغيرة تكون بكاملها فوق دائرة خط طول الراصد فهو إذن يشاهد لمدة 24 ساعة باليوم. أما النجمان B و C فلفترة ما من اليوم يغيبان تحت مستوى الأفق الراصد ، وهما إذن غير منظورين خلال هذه الفترة ، بينما لا يكون النجم D مرئيا بالنسبة للراصد الذي هو في نصف الكرة الشمالي بناتا. وتسمى النجوم التي هي مثل A والتي لا تغيب أبدا "الفسان أو (النجوم القريبة من القطب) CIRCUM-POLAR STARS".

فإذا أخذنا النجم B ؛ عندما يصل إلى دائرة خط طول الراصد في B_1 يقال بأنه قد "تكد" $CULMINATE$ (أي وصل إلى أعلى ذروته) أو "عبر" $TRANSIT$ (هنالك فرق بسيط جدا بين المصطلحين وهذا يمكن إهماله ، ويفضل استخدام المصطلح الثاني "عبر" فيما بعد)، وعندما يعبر النجم دائرة خط الطول من الشرق إلى الغرب -كما في B_1 - يسمى هذا "المعبر العلوي" $UPPER TRANSIT$ وعندما يكون المعبر من الغرب إلى الشرق يسمى "المعبر السفلي" $LOWER TRANSIT$ كما في B_2 .

(8) الاستطالة ELONGATION

إذا نظر إلى القبة السماوية في الشكل 4-10 من الخارج من خلال القطب فتستظهر كما في الشكل 4-11، وسيظهر النجم S بأنه يتحرك باتجاه عقرب الساعة حول القطب P ، وعند S_W فإنه سيجل إلى أكبر مسافة زاوية - $ANGULAR DISTANCE$ من دائرة خط طول الراصد (PZ)، وفي هذا الموقع يقال بأنه في "الاستطالة"، وسيكون الراصد في هذه اللحظة من Z المثلث قائم الزاوية الكروي (PZS_W) . وعندما يكون النجم في نصف الكرة الغربي يقال بأنه في "الاستطالة غربية" $WESTERN ELONGATION$ ، وحركته المستمرة حول القطب ستؤدي به إلى أن يكون في "الاستطالة شرقية" $EASTERN ELONGATION$ عند S_E .

عندما يكون النجم في S_1 في نفس جهة الراصد من القطب يكون في عبور علوي. وفي S_2 يكون في عبور سفلي (انظر B_1 و B_2 في الشكل 4-10)، وبالرجوع إلى الشكل 4-11 يمكن رؤية أنه إذا كانت (δ) > 0 فإن النجم سيدور حول P و Z مما يجعل الحصول على نظرية تماس $TANGENTIAL SIGHT$ من خلال دائرة حركة النجم أمرا مستحيلا .



شكل 4-11

الخلاصة

لأجل الايجاز ، يمكن لإثبات أن القبة السماوية تحوي منظومة من خطوط دائرية متوازية ودوائر خطوط طول تشبه

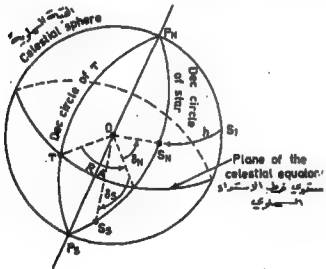
خطوط العرض وخطوط الطول على الأرض تماما . كذلك فإن دوائر الميل للنجوم وسمت الراسد هي مشابهة لن خطوط الطول ، والدوائر الصغيرة التي تدورها النجوم هي مشابهة لن متوازيات خطوط العرض . لن هذه المناطق مهمة جدا عند دراسة المواقع الأحداثى للنجم .

1-2-4 منظومات الإحداثيات السماوية Celestial co-ordinate systems

(1) الميل DECLINATION والمطلع المستقيم RIGHT-ASCENSION

بنفس الطريقة التي يمكن فيها تثبيت موقع على سطح الأرض من خط عرضه وطوله ، هكذا يمكن تعيين موقع نجم على الكرة السماوية من ميله δ ومطلع المستقيم (RA).

يمكن الإثبات - من (الشكل 4-12) - أن ميل النجم يقاس من مستوي خط الاستواء السماوي وعلى قوس دائرة خط الطول أو على دائرة ميل النجم موضوع البحث ، فهو مشابه لخط العرض على الأرض ، وهكذا فإن الميول تقاس لن شمال والن جنوب خط الاستواء . وعليه يكون القوس $(P_N S_N)$ هو الميل المقاس من القطب CO-DECLINATION للنجم ويساوي $(90^\circ - \delta_N)$. فإذا كان الميل δ جنوبا فإن الميل المقاس من القطب $(P_N S_N)$ سيكون مساويا $(90^\circ + \delta_S)$. ومن السهل رؤية أن الحالة هي العكس في نصف الكرة الجنوبي.



شكل 4-12

حيث قد تم تثبيت موقع النجم على دائرة الميل فإن موقع الدائرة نفسها يحتاج لن تثبيت ، وهذا يتم من خلال المطلع المستقيم (RA) وهي الزاوية الإقطعية بين دائرة الإسناد REFERENCE CIRCLE ودائرة الميل موضوعة البحث (شكل 4-12) وهو مشابه لن خط الطول على الأرض . أما النقطة المختارة كنقطة لإسناد

على القطب السماوية فتسمى "نقطة برج الحمل الاول" (M) FIRST POINT OF ARIES وهي نقطة وهمية تماما. أما منذ الاعتدالين الربيعي والخريفي فالشمس تكون فوق خط الاستواء مباشرة ، فالخط الواصل بين مركز الأرض ومركز الشمس في هاتين الفترتين سيقطع خط الاستواء في ٢ ، والمطلع المستقيم يقاس بالاتجاه المعاكس لحركة النجوم من 0° إلى 360° أو من 0 ساعة إلى 24 ساعة.

مما يجب ملاحظته هو أنه لا يمكن قياس الميل والمطلع المستقيم من قبل الراصد ، ولكن يمكن الحصول عليهما من إحدى نشرة لـ "التقويم النجمي للمساحين STAR ALM-ANAC FOR LAND SURVEYORS" من مكتبة (صاحبة الجلالة ملكة بريطانيا) التي تصدر سنويا .

(2) زاوية الساعة ومنظومة الميل HOUR-ANGLE AND DECLINATION SYSTEM

يتم الحصول على منظومة آخرى من الاهداسيات بتعويض زاوية الساعة (h) للنجم بدلا من المطلع المستقيم (RA) في (1). فزاوية الساعة للنجم هي الزاوية بين دائرة ميل الراصد ودائرة ميل النجم. ففي (الشكل 4-12) ، إذا أخذت (P_1, S_1, P_2) كدائرة ميل الراصد فإن النجم سيعبر في S_1 وستكون h زاوية الساعة 0 درجة أو 0 ساعة ، وعندما يصل النجم S_2 سيكون لـ (h) قيمة ولتكن 45° أو 3 ساعة التي قرب دائرة خط طول الراصد. وهذه تقاس لاعتبارها بوحدات من الزمن التي شرق أو التي غرب دائرة خط طول الراصد. فمثلا h التي تساوي 3 ساعة شرقا ستعادل 21 ساعة مقاسة باتجاه حركة النجم. وأن ما يجب ملاحظته بدقة هو أن قياس زاوية الساعة يبدأ من العبور العلوي UPPER TRANSIT وأن العبور العلوي يحدث عندما يكون النجم بنفس جهة القطب كمثل سمت الراصد .

(3) منظومة الارتفاع والسمت ALTITUDE AND AZIMUTH SYSTEM

إن المنظومة الأخيرة لتعيين موقع النجم هي منظومة قياس مباشرة لارتفاعه H وسمته A (شكل 4-13). فارتفاع النجم S هو الزاوية الشاقولية H المقاسة من مستوى أفق الراصد باتجاه دائرة انحراف النجم . فالقوس (ZS) هو إذن الارتفاع المقاس من القطب CO-ALTITUDE للنجم ويساوي $(90^\circ - H)$.

أما سمت النجم فهو الزاوية (PZS). وقد يفضل الطالب تخيل أن الراصد في Z وهو ينظر باتجاه الشمال الحقيقي P_1 ، فسيكون سمت هو الاتجاه الزاوي (ZS) ويساوي (A°) ، لأن السموت تقاس باتجاه عقرب الساعة من الشمال. أي أن اتجاهها الزاوي الربيعي QUADRANT BEARING هو شمال-شرق. فلو كان النجم في الجهة الثانية من دائرة خط طول الراصد فإن اتجاهه الزاوي الربيعي سيكون شمال - غرب وسمته $(A^\circ - 360^\circ)$.

المنتظم قليلا ، لكنه مع ذلك يولف اساسا الارصاد الفلكية. تكون لشارات الوقت المستلمة بالمذيع بموجب التوقيت الذري المصحح تقريبا الى التوقيت العالمي UT بفترات زمنية متوالية مقدارها ثانية كبيسة واحدة تماما. والتصحيح المطبق هو الثانية الاخيرة اليوم الثلاثين من حزيران او الواحد والثلاثين من كانون الاول (ديسمبر) وحسبما هو ملائم. وتسمى لشارة الوقت الناتجة الميكة بـ التوقيت العالمي الموحد (UTC) CO-ORDINATED TIME. والكبر فرق بين الـ (UT) والـ (UTC) سوف لن يزيد على 0.7 ثانية .

لن الفرق المذكور اعلاه بين الـ (UT) والـ (UTC) يدعى بـ (DUT1) وهذا يبيح دليل CODE بسيط بجانب لشارات الوقت ، وباستخدام هذا الدليل يتمكن المساح من الحصول على التوقيت العالمي الى اقرب 0.1 ثانية. وللحصول على درجات ضبط اعلى يجب الرجوع الى [نشرات اعلان الوقت TIME SERVICE CIRCULARS] التي تصدر اسبوعيا عن مرصد كرنج الملكي ROYAL GREENWICH OBSERVATORY حيث يعطى الفرق بالمللي ثانية (اي بالواحد من الالف من الثانية). ويمكن الحصول على معلومات مماثلة من مكتب التوقيت العالمي BUREAU INTERNATIONAL DEL'HEURE (BIH)

فكما اشير اليه اعلاه فلن: $UT = UTC \pm DUT1$
حيث بشار الـ (DUT1) بتاكيد لشارات سبع شواني متتالية بعد لشارة الدقيقة.

للتصحيح الموجب: $DUT1 = (n \times 0.1) \text{ SEC}$... $(1 < n < 7)$
وللتصحيح السالب: $DUT1 = (m \times 0.1) \text{ SEC}$... $(9 < m < 15)$

اي ان القيمة السالبة بشار اليها بتاكيد الثانية التاسعة الى الثانية الـ (8 + m).

اما طريقة التاكيد فتكون بعد او مضاعفة او تهرسة او تغيير نبرة الاشارة. فلذا كانت (DUT1) تساوي صفرا، فسوف لن يكون بالطبع هنالك لشارات مؤكدة للوان . يستخدم بث المملكة المتحدة من منطقة ركبي RUGBY [لشارات (MSF) على تردد 2.5 ميكا هيرتز وطول موجة 120 متر] نبضات مضاعفة تنحصر بالول 15 لشارة للشواني من كل دقيقة وبعد اعلى مقدار 7 في اي وقت . ومما يجب فهمه هو ان منظومة الدلالة CODING SYSTEM اعلاه تنطبق فقط على لشارات الوقت الاساسية وليس على المنظومات الثانوية كالهواتف .

وهكذا عند رصد نجم فلن الرامد يحتاج الى التوقيت العالمي (UT) للحظة عبور النجم شعرة المرواة المتقاطعة . وللحصول على ذلك يحتاج الرامد الى ميكة CHRONOMETER ربما من النوع البلوري QUARTZ. فباللحظة التي ينمق الجسم بالشعرة تشغل ساعة التوقيت STOPWATCH ومن ثم يتحرك الرامد الى الميكة. وبالحظة الفراءة توقف ساعة التوقيت . وهكذا يكون الوقت بموجب الميكة

في اللحظة التي نصفها الراصد النجم مساويا :

(الفترة الزمنية المقاسة - (الوقت بموجب الميقت) =
بساعة التوقيت)

ثم من مذبذبه يحصل الراصد على الوقت العالمي
($UT = UTC \pm DUT$) في لحظة البت للمقارنة مع الميقت.
والى فرق بين الاثنين هو "خطا الميقت" CHRONOMETER ERROR
الذي يطبق على الوقت المأخوذ من الميقت لتلك الرعدة
للمحول على الوقت العالمي (UT) المقابل له . اى :

(الفترة الزمنية المقاسة - (الوقت حسب الميقت) = UT
(خطا الميقت) \pm (بساعة التوقيت)

وتبسط مسائل الوقت كثيرا باستخدام مخطط الوقت TIME
DIAGRAM . فمبدأ تمثيل (الشكل 4-11) بتتين . بان تحريك Z
الى خارج الدائرة لا يغير خط الزوال (PZ) بالى شكل .
وبنفس الطريقة قلن تحريك النجم S_v الى المحيط على
الخط (PS_v) سوف لن يغير اتجاه النجم من P . وهكذا
يمكن إنشاء مخطط وقت P في المركز والاجسام السماوية
- يضمنها Y - على المحيط . ويمكن تسمية خطى زوال
الراصد وكرنج على المحيط بـ Z و G على التوالي .

اليوم النجمي 1-3-4 Sidereal day

بعدا اليوم النجمي عند اى خط زوال عندما تكون اول
نقطة لبرج الحمل (♈) في عبورها العلوى هناك . اى انها
في الساعة مقر (0h) بموجب الوقت النجمي المحلى (LST).
LOCAL SIDEREAL TIME . فلذا كان خط الزوال موضع
البحث هذا هو كرنج قلن الوقت سيكون الساعة مقر (0h)
بموجب وقت كرنج النجمي (GST) GREENWICH SIDEREAL TIME .
والان يتحرك Y باتجاه عقرب الساعة حول خط الاستواء
(لنصف الكرة الشمالى) راجعا الى العبور العلوى بعد
فترة 24 ساعة نجمية . وهكذا قلن اليوم النجمي هو
الفترة بين عبورين متتاليين لـ Y .

يشير (الشكل 4-15) الى كيف ان Y يعرف الوقت
النجمي المحلى نسبة الى خط زوال الراصد (PZ) . وتضاف
الان دائرة ميل النجم (PS) معرفة بذلك موقع النجم .
والزاوية (ZPS) هي زاوية الساعة (HA) الغربية للنجم .
اما الزاوية من Y الى S مقاسة عكس اتجاه عقرب الساعة
فهى من المطلع المستقيم (RA) . وهكذا يمكن رؤية ان
الوقت النجمي يساوى :

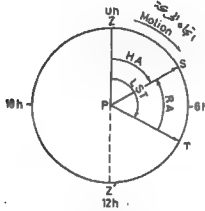
$$= HA + RA \quad \dots (4-6)$$

وعندما يكون النجم في العبور العلوى قلنه سيكون على
(PZ) . لذن :

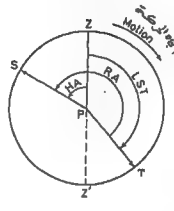
(7-4) (المطلع المستقيم للنجم) = (الوقت النجمي للعبور)

يبين <شكل 4-16> بوضوح بأنه عندما تكون زاوية الساعة للنجم (HA) شرقاً فلن :
 $LST = RA - HA$
 ...<8-8>

ولا داعي لحفظ هذه المعادلات عن الـ فيب لـ إذا تم فهم التعاريف المشار إليها أعلاه جيداً ولـ إذا استخدم مخطط الوقت .



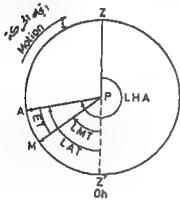
شكل 4-15



شكل 4-16

2-3-4 البرم الشمسي Solar day

يمكن تعريف "اليوم الشمسي الظاهري" APPARENT SOLAR DAY بنفس الطريقة ، بأنه الفترة الزمنية بين عبورين علويين متتاليين لـ الشمس الحقيقية (A) ACTUAL SUN . مع هذا فعندما تكون الشمس في عبورها العلوي نسميه ظهراً أو (12H) ، وهكذا سيطلب هذا قياس بداية اليوم الشمسي في الساعة مفر (OH) من الجهة المقابلة لخط زوال الرامد على الكرة الأرضية ، أي Z' . وهذا هو مهم جداً ويجب ملاحظته بعناية ، (يجب التمييز بين <الشكل 4-15> بوقت نجمي مقداره (OH) في Z و<الشكل 4-17> بوقت شمسي مقداره (OH) في Z' .



شكل 4-17

تكون حركة الشمس الحقيقية غير منتظمة لأسباب متعددة ، وبودي استخدامها في ضبط الوقت إلى حدود أيام مختلفة الأطوال، ولهذا السبب فقد وجدت فكرة "الشمس المتوسطة" MEAN SUN (M) التي تدور حول خط الاستواء بمعدل ثابت ، وعليه فإنها تعبر أي خط زوال بفترة زمنية واحدة، وتسمى الفترة الزمنية بين عبورين

متتاليين للشمس المتوسطة من على خط الزوال في الجهة
المقابلة ANTIPODAL "متوسط اليوم الشمسي"
MEAN SOLAR DAY

يبين (الشكل 4-17) "متوسط الوقت المحلي (LMT)"
و "الوقت الظاهري المحلي (LAT)" ، مقاسان كلاهما من
الجهة المقابلة للرصد باتجاه حركة الشمس . مع هذا ،
فلنه من المهم ملاحظة ان "زاوية الساعة المحلية (LHA)"
تتفق تقاس من خط زوال الرصد وكما هو مبين ، ولاجل
تثبيت موقع M نسبة الى A ، تستخدم الفترة الزمنية بين
متوسط الوقت والوقت الظاهري والتي تسمى بـ "معادلة
الوقت (ET) EQUATION OF TIME" ، وهكذا من التعريف ؛
ET = LMT - LAT ... (9-4)

فلذا كانت (LMT) تساوي (4H) مثلا و (LAT) تساوي (4H10M)
فلن (ET) تساوي (10-) دقيقة مما يشير الى ان M هي
وراء A بـ 10 دقائق . ويتغير موقع A نسبة الى M خلال
السنة وهذا ما يوكدى الى ان (ET) تقع بين القيمتين
الكبريتين (20S +14M) و (20S -16M-) ، ولتجنب استخدام
الاشارات الموجبة والسالبة يقوم التقويم النجمي بحل
كمية تدعى (E) محل (ET) بحيث ؛

$$E = 12H - ET \quad \dots (10-4)$$

وعليه ، يكون في هذه الحالة ؛ $E = 12H - (-10M) = 12H 10M$
لن ما يمكن رؤيته بوضوح من الشكل هو ان ؛

$$LHA = LMT + 12H - ET = 4H + 12H - (-10M) = 16H 10M$$

∴ $LHA = LMT + E \quad \dots (11-4)$

من الملائم هنا ان نذكر الكمية R المشابهة لـ E
والمدرجة ايضا في "التقويم النجمي" ، ويمكن ان تعرف
من ؛

$$R = RAMS \pm 12H \quad \dots (12-4)$$

حيث ان (RAMS) هو "المطلع المستقيم للشمس المتوسطة".
وتستخدم هذه الكمية لربط لحظات متوسط الوقت بالوقت
النجمي او العكس بالعكس ، وهذا موضع بلا الشكل 4-18).
فاقتصر مثلا ان (LMT) تساوي (4H) و R تساوي (18H) ،
وهكذا فمن (المعادلة 4-12) تكون (RAMS) مساوية (6H).
وعليه فلن (Z'M = 4H) تثبت موقع M . ولما كان (RA)
مقاسا بعكس اتجاه عقرب الساعة من Y فلن Y يكون ثابتا
بالنسبة الى M في تلك اللحظة . وهكذا يكون من السهل
رؤية ان (LST) والتي هي بالحقيقة (LHA) لـ Y تساوي (22H).
وهذا يجب ان يعبر عنه بالاسلوب افضل بالشكل التالي ؛
(LST) عند (4H LMT) يساوي (22H) ،

وهذا المثال يشير الى ان ؛

$$LST (LHA Y) = LMT + RAMS + 12H = LMT + R \quad \dots (13-4)$$

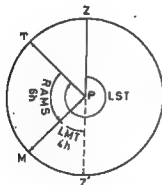
عند ايجاد (RAMS) من R يفضل عموما جمع (12H) عندما
تكون (R < 12H) وطرح (12H) عندما تكون (R > 12H) . لن

هذا في الحقيقة غير مهم ، فمثلا ، إذا كانت ($R=11H$)
فلن ($RAMS=11 + 12 = 23H$) أو ($24-1=23H$) ($11-12 = -1H$) .
وحيث أن الوقت السالب هو مجهول فمجرد جمع ($24H$)
سيعطي النتيجة الصحيحة .

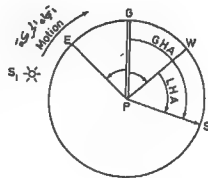
لأن ما يجب على الطالب ملاحظته هو أن لإدخال خط زوال
كرنج سوف لن يغير من الطريقة الرئيسية بأي حال من
الأحوال ، فلو كان خط الزوال المحلي (ZZ') هو خط زوال
كرنج (GG') في الشكل (4-18) فلن (المعادلة 4-13)
 $GST = GMT + R$
ستكتب ؛
والتي قد تكون أكثر ملائمة ، حيث أن R هي مجدولة مقابل
($GTM(UT)$) في "التقويم النجمي STAR ALMANAC" .

3-3-4 تأثير خط الطول على الوقت

لأجل تقي الحاجة إلى المعادلات على الطالب استخدام
مخيلته على النحو التالي ؛ تصور بانك في مركز القبة
السماوية P ناظرا إلى الخارج باتجاه خط زوال كرنج G
(شكل 4-19) . وأن الشمس S تقترب من خط الزوال E شرق
كرنج ، فعندما تكون الشمس فوق البراس في E يكون الوقت
ظهرا هناك ، ولم تمل بعد خط زوال G . أولا ، وهكذا يكون
الوقت هناك لا يزال الصباح الباكر . بالحقيقة إذا كان
خط طول E يساوي 45° شرقا وخط طول G يساوي 30° غربا ،
وحيث أن ($360^\circ = 24H$) سيكون الوقت ($9H$) أو ($9 AM$) في G
و ($7H$) أو ($7 AM$) في G ، وعندما تمل الشمس الخط G بعد
ثلاث ساعات ، عندها يكون الوقت في G ظهرا وفي E يكون
($15H$) أو ($3 PM$) ، وفي G يكون ($10H$) أو ($10 AM$) ،
أخيرا ، عندما تصل الشمس إلى G سيكون الوقت ($2 PM$) في G
و ($5 PM$) في E . ويمكن استخدام هذا الأسلوب المنطقي
بعض النظر عن الشكل الذي يأخذه الجرم السماوي . كذلك
من الشكل ؛ عندما تمل الشمس إلى S تكون (LHA) للرامد
على خط الزوال (PLW) مساوية (WPS) و (GHA) مساوية (GPS)
وهكذا ؛ = (خط الطول الغربي)
(زاوية الساعة المصليية) - (زاوية ساعة كرنج)



شكل 4-18



شكل 4-19

وحيث أن هذا يصبح لاي جسم ، فلن :

$$\begin{aligned} \text{(خط الطول الغربي)} &= \text{GMT} - \text{LMT} \\ &= \text{GAT} - \text{LAT} \\ &= \text{GST} - \text{LST} \end{aligned}$$

وبتبيين جوضوح من الشكل بأن المكس هو صحيح لخط الطول الشرقي ، لا يطلب حفظ المعادلات اعلاه عن الغيب فلن مخطط الوقت سرعان ما سيغير الى الحالة موضوعة البحث .

"الوقت المعياري STANDARD TIME" : هو الوقت الرسمي لبلد ما او لقطاع ما من البلد . فلذا كانت E مثلا في الشكل 4-19 > تمثل الساحل الشرقي للمملكة المتحدة و G تمثل كرنج و W تمثل الساحل الغربي ؛ فعندما يكون الوقت (12H) في G ، كما في اعلاه ، سيكون (15H) في E و (10H) في W . وهكذا ستشير الساعات في المناطق المختلفة من البلد الى اوقات مختلفة ، وعليه فقد طبقت برسماتها الوقت في كرنج كوقت معياري للبلد . فانياد الوقت المعياري من ((GMT (UT) هو تطبيق مختصر لخط الطول . فمثلا ، يكون يكون الوقت في موقع على خط طول 30° شرقا متقدما بمقدار ساعتين على (GMT) .

4-3-4 فترات الوقت Time intervals

لن لكافة الاجرام السماوية دورة ظاهرية حول الارض مقدارها 360° خلال 24 ساعة ، وهكذا :
 $15^\circ = 1\text{H}$ ر $15' = 1\text{M}$ ر $15'' = 1\text{S}$
 مما يسمح بلجراء تحويلات سهلة .

مع ذلك ، لإذا كان النجم موضوع البحث هو γ او α نجم تكون الساعات ذات العلاقة ساعات نجمية ، ولذا كان النجم هو M او A ستكون الساعات هي ساعات شمسية متوسطة او ظاهرية على التوالي .

فلذا شرع كل من γ و M بتقس الوقت ومن نفس النقطة في رحلتيهما حول الارض فلن γ سيرجع الى نقطة البداية قبل M بن 3 دقائق و 55.91 ثانية . وكل يوم سنجد بأن γ سيسبق M اكثر فاكتر حتى يكون في نهاية سنة واحدة قد اكمل دورة لراضية واحدة اكثر من M .

لذن 366 يوم نجمي يساوي 365 متوسط يوم شمسي .
 لذن 24 ساعة نجمية تساوي 24 (366/365) متوسط ساعة شمسية .
 وتساوي (23H 56M 04.09S) بمتوسط وقت شمسي .

ولذا يمكن ان يكتب :
 1 ساعة نجمية تساوي 1 ساعة شمسية ناقصا 9.83 ثانية او
 1 ساعة شمسية تساوي 1 ساعة نجمية زائدا 9.83 ثانية

إن هذا الفرق بالوقت هو الذي يتراكم تدريجياً على طول السنة ، وهو مدرج في الجدول كقيمة R في "التقويم النجمي STAR ALMANAC" ، وسيجري الآن البحث في تمارين الوقت المختلطة بالتفصيل .

أمثلة محلولة

مثال 4-5 : أوجد الـ (GST) في الساعة (20H 00M 00S) بموجب متوسط توقيت كرنج ليوم 17 تشرين الثاني 1965 ، إذا علمت بأن قيمة R كانت (3H 20M 30S) ، ماذا سيكون الـ (LST) المساوي لمكان واقع على خط طول 60° غرباً ؟

الحل

- (A) انشئ مخطط الوقت مبيّناً خط زوال كرنج (GG') حيث أن G' هو خط الطول المقابل (شكل 4-20) .
 (B) من خط الطول المقابل G' لصنع الساعة (20H GMT) لتثبيت موقع M (الشمس المتوسطة) .
 (C) لما كانت R تساوي (3H 20M 30S) فلن :

$$RAMS = R + 12H = 15H 20M 30S$$
 وهذه هي المسافة الزاوية "مقاسة بعكس اتجاه عقرب الساعة" من Y إلى M ، وهكذا مثبتين بذلك الموقع النسبي لـ Y في هذه اللحظة .
 (D) من الشكل يتضح بأن (GST) تمثل المسافة الزاوية مقاسة باتجاه عقرب الساعة من العبور العلوي G إلى Y وتساوي (23H 20M 30S) ، ويتم الحصول عليها كما يلي :

لما كانت (G'GM=20H) فـ (G'M=4H) و
 (Y'GM = 15H 20M 30S) ، وهكذا فلن (Y'G') مقاسة
 بعكس اتجاه عقرب الساعة :

$$= 11H 20M 30S$$

$$\therefore GMG'Y = Y'G' + 12h = 23h 20m 30s$$

كان بالإمكان حل هذا السؤال أسرع بكثير باستخدام (GST=GMT+R) ولكن مخططات الوقت (حتى بالنسبة للمسائل السهلة نسبياً) تؤدي إلى فهم أكثر للوقت في علم الفلك ،

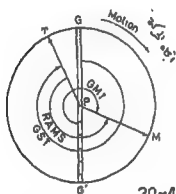
فلذا جمع الطالب الآن خط الزوال المحلي (4H) غرباً وقاس باتجاه عقرب الساعة من هذه النقطة إلى Y فلن (LST) بديهيًا ستساوي (19H 20M 30S) .

مثال 4-6 : أوجد (GHA) للشمس في الساعة (GMT 11H 00M 00S) في 17 تشرين الأول 1965 ، إذا علمت بأن القيمة المناسبة لـ E كانت (12H 14M 36.6S) ، ما هي الـ (LHA) عند (45°E) ؟

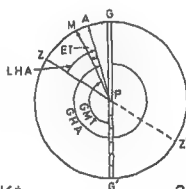
إذا كانت ($E=12h\ 14m\ 36.6s$) فلن معادلة الوقت هي ($ET = -14m\ 36.6s$) ، والاشارة السالبة تشير الى ان M هي وراء A. وهكذا يمكن إنشاء مخطط الوقت (شكل 4-21) كما يلي :

النشئ اولا خط زوال كرنج (GG') ، وهكذا :
(GMT) يحدد موقع M (مقاسة باتجاه عقرب الساعة من خط الطول المقابل) ويساوي ($11h$) .

لن (ET) يحدد موقع A نسبة الى M ، وتستخرج الـ (GHA) من G باتجاه عقرب الساعة الى الشمس الحظيفة A بسهولة لتساوي ($23h\ 14m\ 36.6s$) .



شكل 20-4



شكل 21-4

من (الشكل 4-21) :
 $ZG = 3h$ (شرقا 45°)
 $AG = 12h - 11h\ 14m\ 36.6s$ و $G'A = 0h\ 45m\ 23.4s$
∴ $ZA = LHA = 2h\ 14m\ 36.6s$ ($(ZG-AG)$)

وباستخدام المعادلة : $GHA = GMT + E = 23h\ 14m\ 36.6s$
ثم : $LHA = LMT + E = 14h + 12h\ 14m\ 36.6s$
 $= 2h\ 14m\ 36.6s$

لاحظ جيدا : بأن (LMT) قد قُيست من Z' في هذه المعادلة الأخيرة .

أما العملية العكسية وهي إيجاد (GMT) عندما تعطى (GHA) فهي ليست بالسهولة التي تشير اليها المعادلة لأن E هي مجدولة ازاء (GMT) في "التقويم النجمي" . وعليه ، فمن الضروري لذن إجراء عمليات تقريب متتالية لـ E. وحيث ان في معظم الامتحانات الهندسية تعطى القيمة الصحيحة لـ E ، فلن العملية هي مجرد عكس ماورد اعلاه. على أي حال ، لن أخذ E من "التقويم النجمي" لـ 12 ساعة في اليوم موضوع البحث يعطي خطأ صغيرا فقط.

مثال 4-7 : قام راصد على خط طول 105° شرقا برصد الشمس في لحظة عبورها العلوي حيث سجلت لحظة العبور بواسطة مبيقت CHRONOMETER وكانت ($12h\ 08m\ 25s$ LMT) في 17 آذار

1965 ، وكانت قيمة E من التقويم النجمي
(11h 51m 25s) . اوجد خطأ الميقت .

الحل

انشئ (GG') ثم خذ Z نسبة الى G باستخدام خط الطول 7
ساعات شرقا ، وبالتالي خذ Z' المقابل (شكل 4-22) . إن
قيمة (ET) هي (+08m 35s) من E ، وهكذا تكون M امام
A هي على Z عندما تكون في العبور العلوي .

لإذن (LMT) هي (12h 08m 35s) والميقت متأخر بـ 10 دوان .

مثال 4-8: اوجد (LST) عند (LMT = 00h 00m 00s) في يوم 17
أذار 1965 عند خط طول (30°W) إذا كانت القيمة الملاحظة
R هي (11h 37m 26s) .

الحل

ارسم شكلا بيجين (GG') واوجد موقع (ZZ') من خط طول (2h W) ،
انظر (الشكل 4-23) .

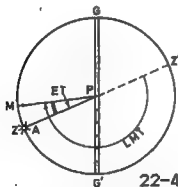
تقاس (LMT) من Z' مثبتة بذلك موقع M ، وحيث أن R تساوي
(11h 37m 26s) فإن (RAMS = 23h 37m 26s) التي تقاس بعكس
اتجاه عقرب الساعة من Y وبذلك تثبت Y بالطياف من M
باتجاه عقرب الساعة . والآن تقاس (LST) باتجاه عقرب
الساعة من الراسد إلى Y ، أي (ZY) .

$$\therefore ZY = 19h 37m 26s$$

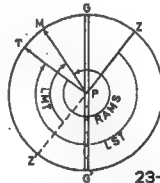
$$ZZ' + Z'M - YM = 12h + 8h - 22m 34s$$

$$LST = LMT + R = 19h 37m 26s$$

وباستخدام (المعادلة 4-13) :



شكل 4-22



شكل 4-23

مثال 4-9: اوجد (GST) عند (0h GMT (UT) يساوي (14h 00m 00s)
اوجد (LMT) لعبور A بخط طول (120°E) و (B) (120°W) .

الحل

(A) لرسم شكلا وانشئ (ZZ') نسبة الى (GG') - (شكل 4-A24)

تؤدي حركة γ بمقدار (18h) نجمية باتجاه عقرب الساعة إلى حركة M بمقدار (17h 57m 3.6s) وقتاً شمسياً (شكل 4-B25). إذن ، لما كان (GMT) بديهيًا يساوي (17h 57m 3.6s) ، فمن (الشكل 4-B25) :
 $LMT = 9h 57m 3.6s$
 إيضاح: حيث أن (GMT) تساوي (0h) في (الشكل 4-A25) فلن (LMT) تكون (16h - 8h = 16h) في اليوم "السابق". وهكذا :

(في نفس اليوم) $16h + 17h 57m 3.6s = 9h 57m 3.6s$

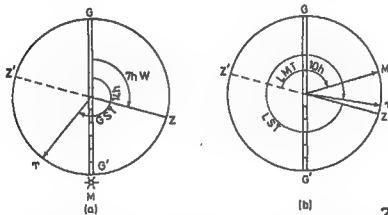
وهكذا ، عندما يكون الطالب في شك عليه أن يجد (LMT) لخط الزوال كما في أعلاه ، ثم باستخدام الفترة النجمية SIDERIAL PERIOD (كتقريب) التي يقطعها γ باتجاه أو بعكس اتجاه عقرب الساعة يقرر أي اتجاه يعطى العبور في اليوم المطلوب ،

مثال 4-10: إذا علمت بأن الـ (GST) يساوي (4h) في الساعة (0h GMT) ، اوجد الـ (LST) على خط طول 105° غرباً في الساعة (10h LMT) .

الحل

يمكن أن يجد الطالب هذا السؤال مشوشاً لأول وهلة ، ولكن حتى من دون فكرة سابقة عن كيفية البدء بحل السؤال يتضح الجواب بسرعة بمجرد تشييت المعلومات على مخطط الوقت .

لنبدأ بخطط كرنج (GG') كالمعادة ، ثم أضف خط زوال الراصد (ZZ') عند (7h) ، فلما كان الـ (GST) يساوي (14h) في (0h GMT) ، فلن هذا يثبت γ و M نسبة إلى بعضهما كما هو مبين في (الشكل 4-A26) .



شكل 4-26

إن المطلوب هنا هو الـ (LST) عند (10h LMT) ، وهكذا فنحريك M مسافة 7 ساعات شمسية بعكس اتجاه عقرب الساعة سيثبتها بحيث أن (Z'GM = 10h = LMT) ، انظر (شكل 4-B26) . ومن هذا ينتج أن γ سترجع 7 ساعات شمسية خلفاً والتي

ثبتت (GG^-) و (ZZ') بالطريقة الاعتيادية (شكل 4-28). وهكذا، (15^h GST) يثبت Y_1 و (0^h GMT) يثبت M . في لحظة الاستطالة (HA) للنجم تساوي (4^h W) وهكذا فلن (4^h) باتجاه عقرب الساعة من Z يثبت النجم في S . أيضا يكون المطلع المستقيم (RA) في هذه اللحظة مساويا (9^h) مفاصة باتجاه عقرب الساعة من S . وهذا يثبت موقع أول نقطة لبرج الحمل FIRST POINT OF ARIES في لحظة الاستطالة في Y_2 . ويتم إيجاد موقع M في هذه اللحظة بتعريك Y_1 إلى الامام لتتطبق مع Y_2 على بعد (4^h) وقت نجمي.

وهكذا فلن M تتحرك ($3^h 59^m 20.8^s$) وقتا شمسيا إلى الامام. مع ذلك، فعندما كان (GMT) يساوي (0^h) كان (LMT) مساويا (18^h) ومفاصا باتجاه 'عقرب الساعة' من Z . ولكن لما كانت Z تقع غرب كرنج فلننا يجب أن تكون (18^h) في 'اليوم السابق'. وهكذا فلن (LMT) معتسبا للاستطالة سيكون: $18^h + 3^h 59^m 20.8^s = 21^h 59^m 20.8^s$ وهو لا يزال في اليوم السابق. ومن هذا ينتج بانه لكي يستطيل النجم فلن M ستدور بمقدار ($23^h 56^m 04.1^s$) وقتا شمسيا آخرًا ويكون متوسط الوقت المحلي (LMT) المطلوب للاستطالة مساويا:

$$21^h 59^m 20.8^s + 23^h 56^m 04.1^s = 21^h 55^m 24.9^s$$

تمارين

يتمتع الطالب بإعادة حل الامثلة السابقة بدون الرجوع إلى الطرق أو الأشكال المعطاة. وبهذه الطريقة سيتم فهم اجزاء ومكونات مخططات الوقت بشكل متكامل.

4-1 كان متوسط الوقت المحلي (LMT) في موقع ما مساويا ($17^h 10^m 20^s$) عندما كان الـ (LST) يساوي ($9^h 40^m 30^s$). وقد اظهرت إشارة وقت كرنج بأن متوسط الوقت كان يسبق (GMT) بمقدار ($1^h 20^m$). (A) ما هو خط طول الموقع؟ (B) ما هو الـ (LST) للـ (LMN)؟ (C) ما هو الـ (GST) للـ (GMN)؟ (جامعة لندن)

[الجواب: (A) ($20^\circ E$)، (B) ($4^h 29^m 19^s$)، (C) ($4^h 29^m 32^s$)، (D) (12^h LMT) لاحظ جيدا: إن (LMN) هو "متوسط الظهر المحلي" أو (12^h LMT)]

4-2 عرف أول نقطة لبرج الحمل FIRST POINT OF ARIES وبين كيف أن حركته ترتبط بحركة متوسط الشمس MEAN SUN.

لأجل تعيين خط طول محطة مسح، تتطلب الامر لإجراء رصد لخط طول نجم في العبور العلوي بالمطلع المستقيم يساوي ($2^h 06^m 30^s$). علما بأن خط طول المحطة يساوي ($93^\circ 37' 03'' W$) و (HA) - نسبة إلى خط طول كرنج عند (GMN) في اليوم المقرر لإجراء الرصد فيه تساوي ($11^h 41^m 19^s$). اوجد (GMT) للعبور.

(جمعية المهتدين المدنيين البريطانيين)

[الجواب: ($8^h 39^m 32^s$)]

3-4 عرف التعابير التالية: "الوقت النجمي SIDEREAL TIME" و "متوسط الوقت" و "الوقت الظاهري" و "معادلة الوقت".

شوهدت الشمس في عبورها العلوي من خط طول معين عندما كان GMT يساوي (4h 10m 04s). فلذا علمت أن معادلة الوقت في لحظة العبور تساوي (11m 41s) وكانت الساعة تسبق الشمس. اوجد خط طول محطة الرصد. (جمعية المهندسين المدنيين الجريباتية) [الجواب: (120° 24' 15") شرقاً].

وهناك تمارين أخرى عن الوقت في الفقرات التالية.

4-4 تصحيحات القراءات والأجهزة

إن الكميات المرمودة اللازمة لحل المثلث الفلكي هي: (I) الزاوية الشاقولية إلى النجم أو إلى الشمس، و (II) الوقت الدقيق للحظة التي يتم بها الرصد. وفي حالة إيجاد سمت خط فلن الزاوية الأفقية بين الخط والنجم (أو الشمس) ستكون مطلوبة أيضا في لحظة الرصد.

4-4-1 تصحيحات قراءة الزاوية الشاقولية

(A) الانكسار REFRACTION سبق وأن بحثت هذه الظاهرة في <الفقرة 2-8-3>، حيث يؤخذ التصحيح في علم الفلك بأنه مساويا:

$$r = -58'' \cot H$$

حيث أن H هو الارتفاع المقاس.

مع ذلك، وحيث أن r تتغير بتغير درجة الحرارة والضغط، يمكن الحصول على قيمة أكثر ضبطا من جداول "التقويم النجمي" باستخدام:

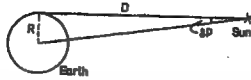
$$r = f \times r_0 \quad \dots <15-4>$$

حيث أن r_0 هي التصحيح تحت ظروف معيارية مقدارها (100.5 KN/M²) ضغطا و (7.2°C) درجة حرارة، وأن f هو معامل يتغير بتغير درجة الحرارة والضغط. ويطبق تصحيح الانكسار على كافة الأجسام السماوية.

(B) إختلاف النظر PARALLAX يطبق هذا التصحيح على الشمس فقط وهو يصحح الزاوية الشاقولية التي تلك القيمة التي كان سيحصل عليها فيما لو قياست من مركز الأرض. ومن <الشكل 4-29> فلن أكبر إختلاف نظر (δ_p) يساوي: (من القوس) $\delta_p = \tan(R/D) = 9''$ فتصحح إختلاف النظر المستخدم هو إذن:

$$\delta_p = + 9'' \cot H \quad \dots <16-4>$$

(C) نصف القطر SEMI-DIAMETER

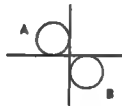


شكل 29-4

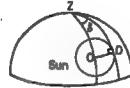
إن التضعيف المضبوط لمركز الشمس هو غير ممكن بسبب حجمها المنظور الكبير نسبيا مالم تكن المزواة مجهزة بموشور شمسي نوع رويلوف ROYLOF. فالموشور الشمسي يعطي أربعة أشباح للشمس تتداخل مع بعضها لتعطي شجبا على شكل صليب مركزه هو مركز الشمس.

لاعتبارها يكون الرصد نحو طرف الشمس السفلي A كما في (الشكل 30-4)، حيث يكون الارتفاع أقل مما يجب بمقدار نصف القطر. كذلك سيؤدي رصد الطرف العلوي B بأن يظهر أكبر مما يجب، وتتغير قيمة نصف القطر من (16'18") إلى (15'45") ويمكن الحصول عليه من "التقويم النجمي"

يمكن أيضا إثبات أنه عندما تلامس الشعرة العمودية الطرف الأيسر أو الأيمن للشمس ستحتاج الزاوية الحقيقية تصحيحا لنصف القطر. فمن (الشكل 31-4) وحيث يتم رصد الطرف بشكل مماس فإن المثلث الكروي (ZDO) يكون قائم الزاوية في D.



شكل 30-4



شكل 31-4

من قاعدة نابيير NAPIER: $\sin \delta = \sin OD \operatorname{cosec} ZO$;
وبما أن δ هي صغيرة فإن: $ZO \approx ZD$ $\sin \delta \approx OD \operatorname{cosec} ZO$;
لذن ، وبما أن (ZD) هو الارتفاع المقاس من القطب ، فإن:

$$\delta = \text{SEMI DIAMETER} \times \text{SECANT ALTITUDE} \quad \dots (17-4)$$

(ارتفاع الظامع) (نصف القطر)

وتنتفي الحاجة إلى هذه التصحيحات عمليا. جرصد كلا الطرفين A و B على وجهين متقابلين للجهاز وأخذ متوسط القيمة.

(D) خطأ المحور الشاقولي يحدث الخطأ في الاتجاه الزاوي الأفقي لخط ما بسبب كون

محور الجهاز الشاقولي مائلا بزاوية (e) عن الشاقول ويكون الخط مساويا (e TAN H) - انظر الجزء الاول/ سكوفيلد - شعبان 1986 ، ولا يمحذف هذا التأثير بتغيير الوجه FACE CHANGE ويجب لادن تطبيقه كمتصحح.

يتم تعيين قيمة e بقراءة النهايتين اليسرى (L) واليمينى (R) لفقاعة الطبق PLATE BUBBLE كما تفاهد من قبل الراصد.

$$e = (\sum L - \sum R) d / n \quad \text{عليه فلن :}$$

حيث ان d هي قيمة كل تقسيم من تقسيمات الفقاعة و n هو عدد القراءات المأخوذة لنهايتي الفقاعة. فمثلا:

	$\sum L$	$\sum R$	
قراءات	3.5	1.5	وجه يسار (FL)
الفقاعة	2.0	3.0	وجه يمين (FR)
\sum	5.5	4.5	

فلذا كانت (d=20") فلن: $e = [(5.5 - 4.5) \times 20] / 4 = 5'$
وهكذا لذا كان الارتفاع (H=50°) فالتصحح يساوي:
 $= + 5' \text{ TAN } 50'$

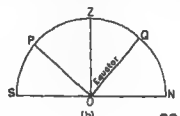
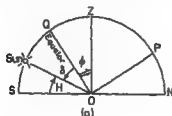
5-4 طرق إيجاد خط العرض

METHODS OF DETERMINING LATITUDE

1-5-4 ارتفاعات خطوط زوال الشمس والنجم

تتطلب هذه الطريقة ارتفاع الجسم في لحظة العبور على خط زوال الراصد.

لذا استخدمت الشمس ، فلن لحظة العبور سيتم الحصول عليها بملاحظة الشمس من خلال المزواة حتى تصبح في أعلى ارتفاع لها ، وهذا سيعطى القراءة على لحدث الوجهين SINGLE FACE OBSERVATION لطرفي الشمس. ولتجنب هذا ، يمكن إجراء قراءة سريعة على كلا الوجهين ويؤخذ المعدل ، لإهمال الحركة الضئيلة عن موقع العبور.



شكل 32-4

وبطريقة أخرى ، بمعرفة خط طول المحطة والقيمة المناسبة لـ E ، يمكن احتساب ((UT(GMT)) للعبور وتؤخذ القراءة في هذا الوقت.

والان يلنشاء مقطع يمر بخط زوال الراصد يمكن استنتاج خط عرض الراصد بسهولة. بمثل الشكل 4-32 > شكلا 4-32 > الشكل 4-10 > بجزيئين: (A) بمثل نصف الكرة الشمالي و (B) النصف الجنوبي. ويجب على الطالب دراسة الشكل 4-10 > جنباً إلى جنب مع الشكل 4-32 >. فلذا تم الان تثبيت الارتفاع H والميل δ على الشكل يصبح من السهل الاستنتاج بأن خط العرض يساوي: $(H + \delta) - 90^\circ$ وغالباً ما يحدد الارتفاع شمالاً أو جنوباً ، وبغضد هذا بأنه مقياس باتجاه الشمال أو الجنوب أو ان يكون طرفاً LIMB في الشكل. فمثلاً ، يكون الارتفاع في الشكل 4-32 > إلى الجنوب والميل إلى الجنوب وخط العرض يكون إلى شمال خط الاستواء - راجع المثال المحلول 4-13 >.

2-5-4 الأزواج النجمية الشمسية Zenith pairs of stars

يمكن استخدام التقنية المذكورة في الفقرة 4-5-1 > بنجم واحد لتحقيق فائدة واضحة. فبتم تنصيف مركز النجم مباشرة وتنتفي الحاجة لتصحيح من نصف القطر وعن اختلاف النظر. مع ذلك ، وبما أنه يمكن إجراء التوجيه نظرياً على وجه واحد فقط يجب أخذ خطأ الانكسار وخطا المحور البصري الشافولي للجهاز بنظر الاعتبار ، والاختفاء في هذين التصحيحين الاثنين ستؤدي إلى خطأ في خط العرض.

باستخدام نجمين بارتفاع واحد تقريباً (زوج سمى ZENITH PAIR) تتحذف هذه الأخطاء. فلذا كذا نجمين S_1 و S_2 في الشكل 4-33 >.

فباستخدام S_1 : $\phi = 90^\circ - H_1 + \delta_1$
وباستخدام S_2 : $\phi = H_2 + \delta_2 - 90^\circ$

وبالجمع ينتج: $2\phi = (\delta_1 + \delta_2) + (H_2 - H_1)$

والان H_1 و H_2 يمثلان الارتفاعين المرصودين مصححين من خطأ المحور البصري الشافولي (e) VERTICAL COLLIMATION ERROR وخطا الانكسار r . وحيث أن ϕ هي دالة للفرق بين الارتفاعين ، وحيث أن الارتفاعين متشابهان فإن الخطأين e_1 و e_2 سيكونان متساويين وهكذا يحدف احدهما الآخر. وينقص الطريقة ، لما كانت المرصدتان قريبتين من بعضهما فإن الأخطاء e_1 في تصحيحات الانكسار r ستكون متساوية تقريباً ، وهكذا سيحدف احدهما الآخر. فلذا كان



شكل 4-33

تمحيها الانكسار نفسيهما متساويين ، $\alpha_1 = \alpha_2$)
فلنهما سينحدقان ايضا .

وهكذا فلن قوائد رصد ازواج النجوم السميتة للنجوم
التي تعبر بتعاقب متقارب يمكن رؤيتها بوضوح.

3-5-4 النجوم القريبة من القطب Close circumpolar stars

تتضمن هذه الطريضة رمذات لنجوم قربية من القطب ،
وفي نصف الكرة الشمالي سيكون "النجم القطبي" POLARIS
ومعدل الارتفاع H لعدد من الرصدات التي تؤخذ على
الوجهين ويستخرج معدل وقت الميقت CHRONOMETER من
اوقات الميقت للحظات الرصد ، ومنها يمكن احتساب (LHA)
لبولارس h ، ثم يؤخذ الميل من التقويم النجمي . ثم
باستخدام :

$$\phi = H - p \cos h + \frac{1}{2} p^2 \sin^2 h \tan H$$

يمكن ايجاد خط العرض حيث ان p هي الميل المقاس من
القطب CO-DEC بالثنائي . علما بان هذه المعادلة قد
استنتجت اساسا من قانون جيب التمام .

يمكن الحصول على حل سريع باستخدام جداول النجم
القطبي في "التقويم النجمي" حيث ان الجزء الاخير من
(المعادلة 4-18) يكون مجدولا كـ α_m { بتصحيحين α_1 و α_2 } .

$$\phi = H + \alpha_m + \alpha_1 + \alpha_2$$

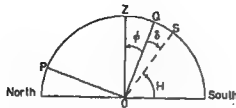
ان المقدار (LST) هو داخل في جدول α_m - راجع المثال
المحلول 4-15.

امثلة محلولة

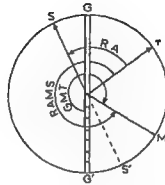
مثال 4-13: رصد نجم في العبور العلوي وكان بارتفاع
($51^\circ 17' 47''$) في السماء الجنوبية وكان المطمع مستقيم
للنجم ($6h 30m 17s$) والميل ($11^\circ 38' 55''S$) . فلذا كان
متوسط وقت كرنج (GMT) للقراءة ($20h 6m 19s$) وقيمة R
في هذه اللحظة ($8h 10m 33s$) ، اوجد خط عرض وخط طول
الرصد و (LMT) للرصد .
(جمعية المهندسين المدنيين البريطانية)

الحل

انضم نصف دائرة بقطرها بمثل المستوى الشمالي-
الجنوبي للرصد ، انظر الشكل 4-34 ، وهكذا فلن Z
بمضع 90° معه ، وليس من المهم ايب بوضع الشمال والجنوب ،
ولما كان الارتفاع H هو جنوبا فلن موقع النجم ثابت في
S في الربع الجنوبي ، ولما كان الميل δ جنوبا فلن
موقع خط الاستواء (OQ) يكون ثابتا . وعليه : $H - \delta = 90^\circ - \phi$
حيث ان H هو الارتفاع المرصود مصححا عن الانكسار .



شكل 34-4



شكل 35-4

لإذن الارتفاع H_0 يساوي:

$$\therefore \text{Altitude } (H_0) = 51^\circ 17' 47''$$

$$r = -58'' \cot H_0 = -46.5''$$

$$\therefore H = 51^\circ 17' 00.5''$$

$$\therefore \text{Latitude } \phi = 90^\circ - 11^\circ 38' 55'' - 51^\circ 17' 00.5''$$

$$= 27^\circ 04' 04.5'' \text{ N}$$

لإذن خط العرض ϕ :

لاحظ جيداً: من الشكل 34-4، لأن Z مقاسة باتجاه الشمال من (OQ) وعليه فإنها خط عرض شمالي.

انشئ مخطط وقت بخت زوال كرنج (GG') - (شكل 35-4).

فيقياس الوقت (GMT) 20h 6m 19s باتجاه عقرب الساعة من G' سيثبت موقع M (متوسط الشمس) و ($R = 8h 10m 33s$) ، وهكذا: $RAMS = R + 12h = 20h 10m 33s$ مقاسة من Y إلى M بعكس اتجاه عقرب الساعة. وهكذا فإن الموقع النسبي لـ Y هو ثابت.

لأن المطلع المستقيم للنجم يساوي ($6h 30m 17s$) مقاساً بعكس اتجاه عقرب الساعة من Y يثبت S، ولما كانت S في عبورها العلوي فإن هذا الموقع هو خط زوال الراصد.

$$MG' = 24h - GMT = 3h 53m 41s \quad \text{من الشكل 35-4:}$$

$$GT = RAMS - 12h - MG' = 4h 16m 52s$$

$$\therefore GS = RA - GT = 2h 13m 25s \text{ E} = 33^\circ 21' 15'' \text{ E}$$

$$\text{LMT) بقياس باتجاه عقرب الساعة من } S' \text{ إلى } M \text{ ويساوي:}$$

$$= GMT + G'S'$$

$$= 22h 19m 44s$$

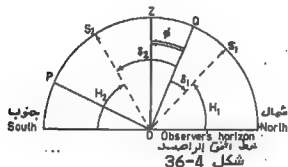
مثال 4-14: تستخدم رصدات الزوج السمتي لإيجاد خط عرض راصد في نصف الكرة الجنوبي، ومدرج ادناه المعلومات المطلوبة:

الارتفاع المرمود الميل النجم		RA		
		Hr.	Min.	Sec.
1	شمالا 19 58 20	50 01 20	13 12	02.0
2	جنوبيا 61 07 00	48 55 30	13 20	02.0

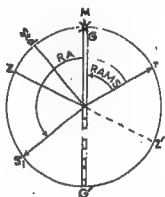
إذا علمت أن قيمة R في الوقت ((UT GMT)) تساوي (16h 35m 20s). أوجد الوقت العالمي (UT) لعبور النجوم على خط (زوال الراصد شرقاً) $(60^{\circ}15'15'')$.

ما هو الوقت المعياري المحلي (LST) إذا علمت بأن خط الزوال المعياري للموقع هو $(15^{\circ}30')$ غرب الراصد؟ (بوليتكنيك كنكزتون)

الحل



شكل 36-4



شكل 37-4

بنشأ (الشكل 36-4) بدءاً بافق الراصد وتنشأ Z و P و Q بحيث تكون Z في نصف الكرة الجنوبي، وستؤدي قيم 8 و H التي تشبعت موقع النجوم كما هو مبين.

$$= -58^{\circ} \cot 50^{\circ} 01' 20'' = -49^{\circ}$$

$$= -58^{\circ} \cot 48^{\circ} 55' 30'' = -51^{\circ}$$

$$\therefore H_1 = 50^{\circ} 01' 20'' - 49^{\circ} = 50^{\circ} 00' 31''$$

$$H_2 = 48^{\circ} 55' 30'' - 51^{\circ} = 48^{\circ} 54' 49''$$

: تصحيح انكسار S1

: تصحيح لـ انكسار S2

$$\phi_1 = 90^{\circ} - \delta_1 - H_1 = 20^{\circ} 01' 09'' \text{ S}$$

$$\phi_2 = \delta_2 + H_2 - 90^{\circ} = 20^{\circ} 01' 49'' \text{ S}$$

$$\therefore \phi_{\text{mean}} = 20^{\circ} 01' 29'' \text{ S (المعدل)}$$

ثم من (الشكل 36-4):

النشء مخطط الوقت كما في (الشكل 37-4). والنشء (GG')
أولاً، ثم من قيمة R تكون (RAMS=4h 35m 20s) التي تشبعت
نسبة إلى M عند (UT 12h).

لأن المطلع المستقيم المقاس بعكس اتجاه عقرب الساعة
من Y يشبعت S1. S1 يمكن أن تعبر في Z إذا تحركت باتجاه
عقرب الساعة بعد (4h) تقريبا، أو بعكس اتجاه عقرب
الساعة بعد (20h) تقريبا، ولما كان الوقت العالمي (UT)

مساويا (12h) فلن الحركة بعكس اتجاه عقرب الساعة
ستعطي وقتنا عالميا مقداره (8h) في اليوم التالي، وهكذا
تتحرك S_1 باتجاه عقرب الساعة.

من الشكل: $S_1Z = RA - RAMS = 4h\ 35m\ 41s$

فلذا تحركت S_1 بهذا المقدار الى الامام فلن M سستتحرك
مقدارا مساويا له بوقت شمسي مقداره (4h 34m 56s).

لذن الوقت العالمي لعبور S_1 يساوي (16h 34m 56s).

من (RA) يمكن رؤية ان S_2 ستعبر 8 دقائق بعد S_1 .

لذن الوقت العالمي لعبور S_2 يساوي (16h 42m 56s).

فلذا كان الوقت العالمي كما في اعلاه فلن الـ (LMT)
مقاسا من Z' سيكون بديها اكبر بمقدار خط الطول
(4h 01m 01s).

لذن فلن (LMT) لعبور S_1 يساوي (20h 35m 57).

وحيث ان خط الزوال المعياري (Std) يساوي (1h 02m) غرب
Z فلن الوقت هناك سيكون مبكرا بهذا المقدار.

لذن (LST) لعبور S_1 يساوي (19h 33m 57s).

مثال 4-15: حمل راصد على خط طول ($5^{\circ}15'00''$) غربا على
متوسط المعلومات القطبية التالية للنجم القطبي بولارس
POLARIS: معدل زاوية الارتفاع المرصودة تساوي
($52^{\circ}46'18''$) ومعدل وقت الميقت للرصدة (11h 56m 04s)
والمبيقت يتقدم على الوقت العالمي (UT) بـ (7h 36m 04s)
ومتوسط قراءة الباروميتر تساوي 760 ملم ومتوسط درجة
الحرارة ($12^{\circ}C$). وقد اخذت المعلومات المطلوبة الباقية
من "التقويم النجمي" للتاريخ موضع البحث وكما يلي:

الميل: ($89^{\circ}08'08''$) شمالا و ($R = 18h\ 47m\ 25.0s$) و
($f = 1.04$) و ($RA = 2h\ 04m\ 17s$) و ($\delta = 44^{\circ}$)
اوجد خط عرض الراصد لدا اعطيت:

$$\phi = H - p \cos h + \frac{1}{2} p^2 \sin^2 h \tan H$$

(بوليتكنيك كينغزتون)

الحل

(1) اوجد الـ (LHA) للنجم القطبي من مخطط الوقت > شكل
<38-4.

من R: $RAMS = 6h\ 47m\ 25.0s$
لن (ZZ') هو خط طول الراصد و (UT):

$$UT = 11h\ 56m\ 04s - 7h\ 36m\ 04s = 4h\ 20m\ 00s = G^M$$

لن (RAMS) المقاسة من M تكتب موقع γ .
∴ $\gamma G = 12h - UT - RAMS = 0h\ 52m\ 35s$

$$GZ = (\text{خط المول}) = 0h \ 21m \ 00s$$

$$LHA = 24h - RA - YZ = 20h \ 42m \ 08s \quad \text{وعليه فلان (LHA):}$$

$$= 3h \ 17m \ 52s \ E = 49^\circ 28' 00'' E = h \quad \text{او:}$$

(2) زاوية الارتفاع المرصودة تساوي:

$$\begin{aligned} &= 52^\circ 46' 18'' \\ r_o \times f &= -46'' \\ &= 52^\circ 45' 32'' = H \end{aligned} \quad \text{زاوية الارتفاع المصححة تساوي:}$$

(3) زاوية δ تساوي $(89^\circ 08' 08'')$ وعليه فلان الميل المقاس من القطب يساوي p ويساوي $(0^\circ 51' 52'')$.

والان بالتعويض في المعادلة المعطاة بالسؤال ينتج:
 $\phi = 52^\circ 12' 08'' N$

مثال 4-16: رصد نجم زاوية ميله $(47^\circ 20' 17'' S)$ بعبوره العلوي على ارتفاع $(56^\circ 48' 41'' N)$. ماذا سيكون الارتفاع المرصود بالعبور السفلي وما هو خط عرض موقع الرصد؟

من خط العرض هذا ، ماذا سيكون الارتفاع المرصود لعلين الشمس عند العبور إذا كان ميل الشمس $(22^\circ 22' 25'' S)$ ونصف قطرها $(16' 18'')$ ؟

إشرح لماذا لا يمكنك استخدام زاوية من الرصدات بشكل منفرد لتحديد زاوية سمت خط مساحي بأية درجة من الضبط. اذكر الطريقة التي ستبناها .
 (جمعية المهندسين المدنيين البريطانيين)

الحل

إن (الشكل 4-39) يوضح الحالة بـ S في العبور العلوي S_1 .
 إن الارتفاع المرصود مصحح عن الانكسار: $56^\circ 48' 06'' N$
 $\therefore \phi = 90^\circ - H + \delta = 80^\circ 32' 11'' S$
 أما S في عبورها السفلي فهي مُشار إليها بـ S_2 ، وهكذا:

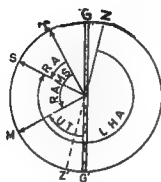
$$\begin{aligned} S_1OP &= S_2OP = (90^\circ - \delta) = 42^\circ 39' 43'' \\ ZOP &= (90^\circ - \phi) = 9^\circ 27' 49'' \end{aligned}$$

$$\therefore ZOS_2 = 52^\circ 07' 32''$$

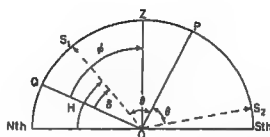
والارتفاع عند العبور السفلي: $37^\circ 52' 28'' = 90^\circ - ZOS_2$
 \therefore الارتفاع المرصود: $37^\circ 53' 44'' S$ (الانكسار) $+ 37^\circ 52' 28''$

وبنفس الطريقة يكون ارتفاع مركز الشمس بالعبور العلوي مساوياً:
 $90^\circ - \phi + \delta_g = 31^\circ 50' 14'' N$

ويجب أن تعاد هذه القيمة إلى القيمة المرصودة بتطبيق التصحيح التالي:



شكل 38-4



شكل 39-4

لنصف القطر: $(+16^{\circ}18')$ ولانكسار: $(+1^{\circ}33')$ ولاختلاف
النظر: (-08°) .
الارتفاع المرصود في العبور العلوي: $(32^{\circ}07'57'')$ شمالا
والارتفاع المرصود في العبور السفلي: $(13^{\circ}15'00'')$ جنوبا

تمارين

4-4 يعطى الجدول ادناه معلومات تخم رصد خط زوال زوج
سمتي لخط العرض:

النجم	الميل	الارتفاع المرصود	المنسوب الجسم
X	18 42 38 S	58 32 47 N	6.2
Y	83 50 22 S	56 21 18 S	3.6

اوجد خط عرض محطة الرصد ، باخذ تصحيح الانكسار مساويا
(زاوية الارتفاع) $\text{COT}(-57^{\circ})$ والتقسيم الواحد للقطاع
بساوي 15° . ما هي القاعدة من رصد النجوم التي تتكبد
CULMINATE في الجوانب المعاكسة من السم ZENITH ؟
[الجواب : $(50^{\circ}10'24''\text{S})$]
لاحظ جيدا في تشير قراءات المنسوب الي قطاع الارتفاع
BUBBLE في تصحيح مؤشر الدائرة العمودية (X) $(+18^{\circ})$
و (Y) (-21°) من $((0-e)/n) \times d^{\circ}$ ، حيث ان d هي قيمة
التقسيم الواحد للقطاع و n هي ال (N°) للقراءات.

4-5 في الجدول ادناه قيم للمطلع المستقيم والمبول
لنجمين مراد استخدامهما لتعيين خط عرض موقع بخط طول
 $(30^{\circ}50'39''\text{E})$ ، علما بان خط عرضه التقريبي (20°S) :

الميل	المطلع المستقيم	RA
1	10H 17M 56.5S	20 01 45 N
2	10H 30M 43.8S	61 30 00 S

فلذا كانت قيمة R عند متوسط ظهر كرنج السابق تساوي

LOCAL TRANSIT للنجمين . اوجد الـ (GMT) للعبور المحلي

كانت اعلى زاوية ارتفاع مرمودة للنجمين 1 و 2 :
(49°55'23") و (48°34'32") على التوالي. ما هو خط عرض
الموقع ؟
[الجواب: (20°03'41"S) و (2H 29M 38.7S) و (2H 16M 53.5S)]

4-6 ادناه زوايا ارتفاع خطوط الزوال المسجلة لـ 6 نجوم وميولها :

النجم	ارتفاع خط الزوال	الميل
X_1	30 12 02 N	69 49 55 N
X_2	30 41 57 S	8 59 10 S
X_3	47 26 32 N	87 05 10 N
X_4	47 25 42 S	7 45 20 N
X_5	57 29 17 N	82 51 50 N
X_6	57 00 27 S	17 20 20 N

يمكن فرض ان زوايا الارتفاع هي خالية من اخطاء الاجهزة
لستخرج من هذه الرصدات تأثيرات الانكسار وقارن نتائجك
مع القيم الاعتيادية.
[الجواب: (±97°) و (±52°) و (±37°)]
ايها : قارن متوسط خط العرض لكل زوج مع خط العرض
المعقد.

6-4 تعيين السمـت DETERMINATION OF AZIMUTH

لإضافة الى الفكرة الاساسية في توجيه خط قاعدة
اعمال مسح نسبة الى خط الزوال فإن تعيين السمـت كإداة
للسيطرة على خطأ السمـت قد أصبح حتى أكثر أهمية
بازدياد شيوع اعمال التضليع بالاجهزة الـ (EDM). انظر
الفصل الثاني.

إن كافة الطرق المستخدمة تتطلب الزاوية الافقية
بين خط القاعدة والجسم المرصود مركبة لما مع زاوية
الارتفاع او مع وقت الرصد. وهذا يمكن من ايجاد
العناصر الضرورية للمثلث الفلكي واستخدامها في ايجاد
زاوية السمـت في Z (شكل 4-14).

4-6-1 قياس الارتفاع : اضافة الى خط الطول من خلال الرصد الى الشمس
او الى نجم

خذ اولا رمدة الشمس. حيث ينصب الجهاز في إحداث
نهايتي خط القاعدة ويقاطع الجسم المرجعي (RO)

REFERENCE OBJECT في النهاية الاخرى لخط القاعدة. بعد ذلك يدور الجهاز باتجاه الشمس وتسجل متوسط زاوية الارتفاع H والزاوية الافقية من خط القاعدة الى الشمس. حيث تسجل متوسط القيمة من ثلاث قراءات في الاقل مأخوذة على الوجهين التي طرفي الشمس بشكل متناوب.

يسجل وقت لحظة تسجيل الرصد الى اقرب دقيقة لاجل اخذ الميبل 8 من "التقويم النجمي". كما تسجل درجة الحرارة والضغط لاحتساب الانكسار. ويتم الحصول على خط عرض الراصد ϕ من خارطة او بواسطة الرصد. وهكذا يتم ايجاد الاضلاع الثلاثة للمثلث القلبي، اي الارتفاع المقاس من القطب (CO-ALT) والميبل المقاس من القطب (CO-DEC) وخط العرض المقاس من القطب (CO-LAT)، ممكنة بذلك العمل بواسطة قانون جيب التمام COSINE RULE لاجاد الزاوية Z - انظر (المثال المحلول 4-17).

ان القوائد الواضحة من استخدام نجم هي ان (I) النظام المباشر يكون ممكنا (II) ليس هنالك تصحيحات ضرورية عن اختلاف النظر او عن نصف القطر SEMI DIAMETER (III) ان وقت الرصد غير مطلوب طالما ان الميبل ثابت لذلك اليوم (IV) من الممكن الرصد عند او بالقرب من الاستطالة، والذي يمكن ارضياته بانه افضل شرط لتقليل تأثير الاخطاء في δ او H او ϕ .

4-6-2 قياس الوقت : اضافة الى خط الطول : من خلال الرصد الى الشمس او الى نجم

ان هذه التقنية مشابهة لتلكتي سيجتها بالفارق في ان وقت الميبلت المضبوط للرصدة يحل محل الارتفاع المقاس. ويمكن ان تكون القيمة التقريبية للارتفاع ضرورية (الى اقرب درجة) لاحتساب تصحيحات الجهاز.

من الوقت العالمي (UT) للرصدة ومن خط طول الراصد يتم احتساب الـ (LHA h) ويؤخذ الميبل 8 من التقويم النجمي. ثم يتم ايجاد خط العرض ϕ كما في الطريقة السابقة حيث يتم حل المثلث القلبي بقانون الاربعة حدود FOUR PARTS FORMULA باستخدام g و δ و ϕ .

لقد تم سابقا شرح قوائد استخدام نجم بدل الشمس، كما وان تحليل الخطأ يظهر بان تأثير الخطأ على الوقت هو بامصر قيمة له عندما تكون S و δ تسعين درجة. S ستكون 90° عندما يكون النجم في حالة استطالة و δ ستكون قريبة من 90° في حالة النجم القطبي بولارس او الثامن OCTANTIS. وهكذا تستخدم الرصدات الى النجوم القريبة من القطبين CIRUMPOLAR STARS قرب استطالتها عند طلب دقة عالية.

إذا استخدم جولارس وإذا كانت درجة الضغط البالغة 0.2 مقبولة فإن الحل السريع سيكون ممكنا من جداول النجم القطبي POLAR STAR TABLE في التقويم النجمي ، حيث أن سمت جولارس يساوي :

$$(سمت جولارس) = (b_0 + b_1 + b_2) \sec \phi$$

من الضروري معرفة الـ (LST) لأخذ b_0 ومعرفة خط العرض لأخذ b_1 ومعرفة الشهر من السنة لأخذ b_2 .

هنالك فائدة أخرى من استخدام جولارس ، وهي حركته البطيئة نسبيا في الفضاء بسبب دائرته دورانه الصغيرة حول القطب خلال 24 ساعة نجمية.

4-6-3 النجم عند أوبالقرب من استطالته

إذا تقدر رصد نجم في نفس لحظة الاستطالة (شكل 4-11) سيكون شكل مثلث كروي قائم الزاوية وفي هذه الحالة ، حيث أن δ و h ستكونان معروفتان قبل الرصد فإنه من الممكن إجراء احتساب مسبق لوقت وسمت وارتفاع النجم من؟

$$\sin H = \frac{\sin \phi}{\sin \delta} \quad \sin Z = \frac{\cos \delta}{\cos \phi} \quad \sin h = \frac{\cos H}{\cos \phi}$$

وباستخدام هذه المعلومات يصبح من الممكن نصب الجهاز قبل موعد الاستطالة بضع دقائق، مع هذا ، حيث - نظريا - تحدث الاستطالة خلال لحظة فقط ، ولما كان إجراء عدد من القراءات على الوجهين يتطلب الوقت ، فإنه يفضل موما رصد النجوم قرب الاستطالة باستخدام أبهة من الطريقتين أنفتى الذكر.

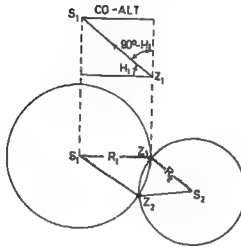
4-7 خطوط الموضع POSITION LINES

إن طريقة خطوط الموضع هي تقنية شبه تخطيطية-SEMI GRAPHICAL لتعيين خط العرض والطول، وهذه الطريقة تتطلب قياس كلا الوقت والارتفاع لنجمين في الأقل زائدا الموضع التقريبي للراصد.

4-7-1 أساس الطريقة

تصور أن راصدا بقياس ارتفاع نجم موقعه في الفضاء ثابت، فإن أخذ الراصد الآن يترك الجهاز إلى عدد لانهاش من المواقع بحيث يحقق الارتفاع نفسه ، فإنه سيرسم دائرة على سطح الأرض، وسيكون مركز هذه الدائرة بمثابة مسقط النجم الشاقولي على الأرض وسيكون نصف قطرها الزاوي مساويا إلى الارتفاع المقاس من القطب CO-ALT (شكل 4-40)، فإذا رصد نجمان سيكون هنالك داخرتان تتقاطعان في النقطتين Z_1 و Z_2 تمثل إحدهما موقع الراصد، أي أن هنالك فقط موقعين على سطح الأرض يتساوي فيهما الارتفاع المقاس من القطب في لحظة معينة. وحيث أن الموضع التقريبي للراصد معروف، فإنه من السهل

تحديد موقعه المضبوط .



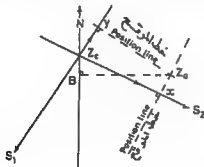
شكل 40-4

4-7-2 الطريقة

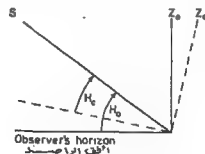
خذ الموقع Z_1 فقط. لن القوسين المتقاطعين في الميز القريب يرسمان بمقياس كبير ، وهكذا يظهران كأنهما خطان مستقيمان بسميان "خطا الموقع POSITION LINES". والخطان ($Z_1 S_1$) و ($Z_1 S_2$) هما إرتجاها أو سمتا النجمين نسبة إلى الراصد في Z_1 ، وهما عموديان على خطي الموقع.

وهكذا يتم قياس إرتفاعي ووقت النجمين ، وباستخدام القيمة التقريبية لـ δ و (LHA) h يجري حل المثلث الفلكي لإيجاد السمث والإرتفاع. فكل من النجمين الآن إرتفاع محتسب ومقاس لإضافة إلى السمث من الموقع التقريبي.

بعد ذلك ترسم دائرة خط الطول MERIDIAN ويتم لإختيار النقطة Z عليها لتعيين الموقع التقريبي للراصد. فباستخدام منقلة زوايا يتم تأشير سمتي النجمين ($Z_e S_1$) و ($Z_e S_2$) - انظر (الشكل 41-4).



شكل 41-4



شكل 42-4

يرسم خطا الموقع بحيث يصنعان زاوية 90° مع السمتين عند نقطتين ثابتتين باستخدام (الشكل 4-42)، وهذا يشير إلى أنه إذا كان الارتفاع المرصود H_0 أكبر من الارتفاع المحسوب H_c فلن الموقع الصحيح للرامد Z_0 يكون باتجاه النجم مقاسا من الموقع التقريبي Z_c ، ثم ترسم هذه المسافة ($Z_0 - Z_c$) التي هي دالة خطية لـ ($H_0 - H_c$) بمقياس رسم معين باتجاه النجم مثبتة بذلك النقطة x في (الشكل 4-41)، فيعرف أن ($H_0 < H_c$) فلن المقطع INTERCEPT سيقاس من Z_c بعيدا عن S_1 مثبتا بذلك النقطة y ، ويرسم خطا الموقع من خلال x ولا يتقاطعا في Z_0 وهي الموقع الحقيقي للرامد. فهذا المخطط البسيط كالذي مبين في (الشكل 4-42) سيشير بسرعة لن كان المقطع مقاس بالاتجاه نحو Z_0 أو منه.

لن المسافة ($Z_0 - B$) هي الفرق بخط المرف ($\Delta\phi$) بين الموقع التقريبي والموقع الحقيقي للرامد وهي تقاس من المخطط مباشرة. أما (BZ_0) فهو الفرق بخط الطول ($\Delta\lambda$). ولما كانت هذه ($\Delta\lambda$) مسافة متغيرة على سطح الأرض بين خط الاستواء والقطب فلن يجب أن تصحح كما يلي:

$$(\Delta\lambda) \sec \phi = BZ_0$$

(الحقيقية)

عند استخدام ثلاثة أو أربعة نجوم فلن تقاطع خطوط الموقع يمكن أن يعطى مثلثا أو شكل رباعي للخطا. ويكون الموقع المطلوب واقعا في مركز الدائرة المرسومة داخل هذا الشكل، وينصح الطالب الآن بالأخذ بالمبادئ اتفة الذكر جنباً إلى جنب مع دراسة دقيقة للأمثلة المحلولة.

أمثلة محلولة

مثال 4-17: كانت متوسطات قيم رمد الشمس للسمت؛ متوسطا لارتفاع المرصود يساوي ($38^\circ 21' 55''$) ومتوسط قراءة الدائرة لن الشمس تساوي ($13^\circ 01' 35''$) ومتوسط قراءة الدائرة لن الهدف المرجعي (RT) تساوي ($64^\circ 44' 27''$)، والفرق بين قراءتي ميزان الطبق (القفاة) على الوجهين يساوي (0.3) حيث أن التقسيم الواحد للقفاة يساوي 20، وخط عرض الرامد يساوي ($51^\circ 25' 18''$) شمالا، وقد أخذت المعلومات الإضافية التالية من التقويم النجمي؛ الميل يساوي ($3^\circ 01' 36''$) شمالا والانكسار ($01' 10''$) واختلاف النظر 6. أوجد سمت الخط لن الهدف المرجعي (RT) إذا كانت الشمس في الجنوب الشرقي في لحظة الرصد.

ماذا سيكون تأثير الخطا في الارتفاع المقاس على السمت؟ وماذا ستشير معادلة الخطا الناتجة؟
(بوليتكنيك كنكزتون)

$$\begin{aligned}
 &= 38^{\circ}21'55'' \\
 &= -01'10'' \\
 &= +6''
 \end{aligned}
 \quad \begin{array}{l}
 \text{الارتفاع المرصود (أي المقاس):} \\
 \text{الانكسار;} \\
 \text{اختلاف النظر;}
 \end{array}$$

$$H = 38^{\circ}20'51'' \quad \text{، الارتفاع المصحح H يساوي:}$$

أما بقية عناصر المثلث القلبي فهي ممثلة ، أي خط العرض ϕ والميل δ مما يسمح بحله بقانون جيب التمام ، وعلى الطالب الآن رسم المثلث القلبي (PZS) وتأشير العناصر المختلفة عليه .

$$\cos(\text{co-dec}) = \cos(\text{co-lat}) \cos(\text{co-alt}) + \sin(\text{co-lat}) \sin(\text{co-alt}) \cos Z$$

$$\therefore \cos Z = \frac{\sin \delta - \sin \phi \sin H}{\cos \phi \cos H} = \frac{\sin 3^{\circ}01'36'' - \sin 51^{\circ}28'18'' \sin 38^{\circ}20'51''}{\cos 51^{\circ}28'18'' \cos 38^{\circ}20'51''}$$

$$\therefore Z = 152^{\circ}09'10''$$

هذه هي الزاوية (PZS) ، لكنها أيضا تمثل سمت الشمس لأن الشمس هي في الجنوب الشرقي ، والزاوية بين الشمس والهدف المرجعي (RT) باتجاه عقرب الساعة تساوي $(51^{\circ}42'52'')$ ، إذن سمت (RT) يساوي $(203^{\circ}52'02'')$.

ويتم المعمول على تأثير الخطأ في الارتفاع - لمعتباديا - بإجراء التفاضل على المعادلة الرئيسية بالنسبة لـ H :

$$\cos Z = \frac{\sin \delta - \sin \phi \sin H}{\cos \phi \cos H}$$

$$\begin{aligned}
 \therefore -\sin Z \delta Z &= \frac{\cos \phi \cos H (-\sin \phi \cos H) - (\sin \delta - \sin \phi \sin H) (-\cos \phi \sin H) \delta H}{\cos^2 \phi \cos^2 H} \\
 &= \frac{-\sin \phi \cos^2 H + \sin \delta \sin H - \sin \phi \sin^2 H \delta H}{\sin Z \cos \phi \cos^2 H}
 \end{aligned}$$

$$\sin \phi - \sin \delta \sin H = \cos \delta \cos H \cos S \quad \text{ومن قانون جيب التمام:}$$

$$\therefore \delta Z = \frac{\cos \delta \cos H \cos S \delta H}{\sin A \cos \phi \cos^2 H}$$

$$\sin A \cos \phi = \sin S \cos \delta \quad \text{من قانون الجيوب:}$$

$$\therefore \delta Z = \frac{\cos \delta \cos H \cos S \delta H}{\sin A \cos \phi \cos^2 H} = S \sec H \delta H$$

وهذا يشير إلى أن (SZ) ستكون بأقل قيمة عندما تقترب S من 90° ، أي أن الشمس أو النجم هي أو هو بحالة استقامة وأن H هو ارتفاع واطيء .

مثال 4-18: شهود النجم القطبي بولارس من موقع ذي خط طول ($80^{\circ}20'15''$) غربا لأجل إيجاد خط عرض الموقع وسمت الخط من الجهاز إلى الهدف المرجعي (RT)، ومدرج أدناه متوسطات الاوقات والزوايا:

متوسط وقت كرنج متوسط الارتفاع الزاوية الحقيقية لإتجاه (GMT)
الرمز

RT	246 13 22	- - -	- - -
بولارس	63 41 16	42 31 40	05H 01M 43.6S

أيضا ميل النجم القطبي بولارس يساوي ($89^{\circ}04'24''$) شمالا و (RA) للنجم القطبي يساوي ($1^{\text{h}} 55^{\text{m}} 49.2^{\text{s}}$). ثم ($R=GST-GMT=18^{\text{h}} 17^{\text{m}} 18^{\text{s}}$). وتصحيح الانكسار ($-1'03''$).

أوجد خط عرض الموقع وسمت الخط إلى الهدف المرجعي.
(جامعة لندن)

الحل

إن هذا السؤال يعطى قيم H و δ ، والمطلوب حل المثلث القلبي لإيجاد Z و θ ، وعليه فمن الواضح أن المطلوب هو عنصر آخر للمثلث والذي يجب أن يكون ($LHA(h)$).

التشريع مخطط الوقت (شكل 4-43) مبينا فيه Z بإتجاه ($R=18^{\text{h}} 17^{\text{m}} 18^{\text{s}}$) غربا و (GMT) بحيث موقع (M) و ($R=18^{\text{h}} 17^{\text{m}} 18^{\text{s}}$) وهكذا ($RAMS=6^{\text{h}} 17^{\text{m}} 18^{\text{s}}$) مقاسا على الحقيقة بعكس اتجاه عقرب الساعة من T إلى M ، بحيث الموقع النسبي لـ T ، ثم (RA) لبولارس بحيث موقع S ، وإن (LHA) هي (ZS).

من (الشكل 4-43): $YG=12^{\text{h}}-(GMT+RAMS)=0^{\text{h}} 40^{\text{m}} 58.4^{\text{s}}$ ؛ $YG+RA=7^{\text{h}} 58^{\text{m}} 08.6^{\text{s}}$ E
∴ $LHA(h)=(\text{خط الطول})+YG+RA=7^{\text{h}} 58^{\text{m}} 08.6^{\text{s}}$ E

الارتفاع المصحح H يساوي ($42^{\circ}30'37''$) والميل δ يساوي ($89^{\circ}04'24''$).
والآن بواسطة قانون الجيوب:

$$\sin Z = \frac{\sin h \sin(90^{\circ} - \delta)}{\sin(90^{\circ} - H)} = \frac{\sin h \cos \delta}{\cos H} = \frac{\sin 119^{\circ} 32' 09'' \cos 89^{\circ} 04' 24''}{\sin 42^{\circ} 30' 37''}$$

∴ $Z=1^{\circ}11'35.6''$ (شرقا كما تشير إليه الـ (LHA)).
لأن الزاوية من النجم بولارس بإتجاه عقرب الساعة إلى (RT) تساوي ($182^{\circ}32'06''$).
لأن سمت (RT) يساوي ($183^{\circ}43'41.6''$).

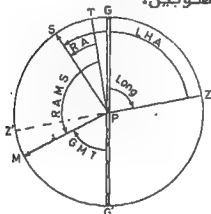
ويمكن الآن إيجاد خط العرض باستخدام (المعادلة 8-14) لـ النجوم القريبة من القطبين - انظر (الفقرة 4-3).
وحيث أن زاوية السمات هي متوفرة يمكن حل المثلث القلبي باستخدام:

$$\tan \frac{1}{2}(x+y) = \frac{\cos \frac{1}{2}(X-Y)}{\cos \frac{1}{2}(X+Y)} \times \tan \left(\frac{Z}{2} \right)$$

وتستخدم هذه المعادلة عموماً جنباً إلى جنب مع:

$$\tan \frac{1}{2}(x-y) = \frac{\sin \frac{1}{2}(X-Y)}{\sin \frac{1}{2}(X+Y)} \times \tan \left(\frac{Z}{2}\right)$$

عندما يكون كلا الضلعين x و y مطلوبين.



شكل 4-43

فاستخدام المعادلة الأولى يعطي:

$$\tan \frac{1}{2}(\text{co-alt} + \text{co-dec}) = \frac{\cos \frac{1}{2}(h-Z)}{\cos \frac{1}{2}(h+Z)} \times \tan \frac{1}{2}(\text{co-lat})$$

$$\therefore \frac{\tan 24^\circ 12' 30'' \cos 60^\circ 21' 52''}{\cos 59^\circ 10' 16''} = \tan \frac{1}{2}(90^\circ - \phi)$$

$$\therefore (90^\circ - \phi) = 46^\circ 54' 12''$$

$$\therefore \text{Latitude } \phi = 43^\circ 05' 48'' \text{ N}$$

لذا خط العرض ϕ يساوي:

مثال 4-19: أجريت قراءات من محطة مزواة إلى كل من طرفي الشمس الطالعة RISING SUN وكذلك إلى هدف مرجعي. وكان خط عرض المحطة ($50^\circ 29' 25''$) شمالاً وقد وجد سابقاً. والجدول أدناه يعطي متوسط القيم للقراءات المأخوذة:

متوسط وقت كرسج (GMT)	الارتفاع المقاس	الدائرة الإقطبية	إتجاه الرصد
15h 32m 18.6s	45 43 30	215 44 55	الشمس
-	-	043 31 15	RT

كانت القيمة الملائمة لـ E تساوي (11h 59m 20s) وكان تصحيح الانكسار واختلاف النظر ($1' 38''$) و ($8''$) على التوالي. وكان ميل الشمس ($90^\circ 00' 40'' \text{ N}$). أوجد خط طول المحطة وسمت الخط الذي يصل بين المحطة والـ (RT). (جامعة لندن)

الحل

$$\begin{aligned} H &= 30^\circ 43' 45'' - 1' 38'' + 8'' = 30^\circ 42' 15'' & \text{الارتفاع المصحح } H \\ &= 50^\circ 29' 25'' & \text{خط العرض } \phi \\ &= 9^\circ 00' 40'' & \text{الميل } \delta \end{aligned}$$

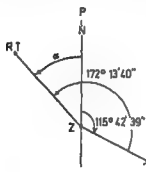
وهكذا بمعرفة الثلاثة اضلاع للمثلث العكسي يمكن إيجاد زاوية السميت A في Z والـ (LHA(h)). فبواسطة قانون جيب التمام:

$$\cos(90^\circ - \delta) = \cos(90^\circ - \phi) \cos(90^\circ - H) + \sin(90^\circ - \phi) \sin(90^\circ - H) \cos A$$

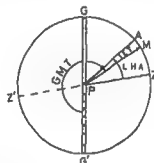
$$\therefore \cos A = \frac{\sin \delta - \sin \phi \sin H}{\cos \phi \cos H} = \frac{\sin 9^\circ 00' 40'' - \sin 50^\circ 29' 25'' \sin 30^\circ 42' 15''}{\cos 50^\circ 29' 25'' \cos 30^\circ 42' 15''}$$

$$\therefore \cos A = -0.433829 \quad A = 115^\circ 42' 39''$$

وهذه الزاوية يمكن قياسها بجساسة شرقا او غربا من الشمال. مع ذلك ، فالسؤال يذكر بان الشمس المألعة كانت قد شوهدت من خط عرض شمالي ، وعليه فلن الشمس يجب ان تكون في الجنوب الغربي (شكل 4-44).



شكل 4-44



شكل 4-45

لأن سميت الهدف المرجعي (RT) :
 $N \alpha W = N56^\circ 31' 01'' W = 307^\circ 28' 59''$
 وتطبيق ثانياً لقانون جيب التمام سيعطي الآن h:

$$\cos h = \sin H - \sin \phi \sin \delta / \cos \phi \cos \delta = 0.620292$$

$$\therefore h = 38^\circ 20' 15'' = 2 \text{ h } 33 \text{ m } 21 \text{ s E}$$

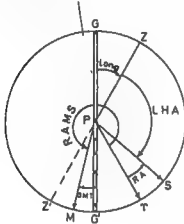
والان انشاء مخطط الوقت (شكل 4-45) بـ (GG') كدائرة خط طول كرنج، فـ (GMT) بعين موقع M (متوسط الشمس) و (E=12h-ET). هذا وان (ET=40°) ، وهكذا فلن M تسبق A (الشمس الحقيقية) بهذا المقدار، وحيث ان (LHA(h)) هي شرق خط زوال الراصد فلن هذا يثبت موقع Z في الغرب ، وكما هو مبين .

$$\begin{aligned} \therefore \text{Longitude } GZ &= GM - AM + AZ \\ &= 3 \text{ h } 32 \text{ m } 18.6 \text{ s} - 40 \text{ s} + 2 \text{ h } 33 \text{ m } 21 \text{ s} \\ &= 6 \text{ h } 04 \text{ m } 59.6 \text{ s W} \\ &= 91^\circ 14' 46.3'' \text{ W} \end{aligned}$$

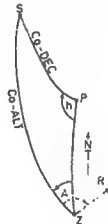
مثال 4-20: لن متوسطات قيم الوقت وقراءات الذاكرتين الافقية والعمودية لرصدة على النجم جولارس معطاة من الجدول ادناه ، وقد تم تصحيح الزاوية الشاقولية عن الانكسار. وكانت R في وقت الرصد (10h 47m 06.8s) وكانت (RA) تساوي (1h 55m 26.3s). وميل جولارس (89° 04' 52'' N).

متوسط وقت كرنج (GMT)	متوسط الزاوية الأفقية	متوسط الزاوية الشاقولية المصحدة	لرجه
- - -	213 04 35	- - -	الهدف
0h 33m 30.7s	146 38 20	43 43 00	النجم

فلذا افترض بآن خط طول المحطة يساوي (21°52'40"W) ،
اوجد سمت الخط الواصل بين محطة المزواة والـ (RT) ،
(جامعة لندن)



شكل 46-4



شكل 47-4

الحل

Hg8 هما العنصران الوحيدان من المثلث الفلكي المعطيان بشكل مباشر، وهكذا هنالك عنصر آخر مطلوب وهو بديهيا الـ (LHA(h)) ، وعليه فمن <الشكل 46-4>؛ خط الطول بثبت موقع Z و Z' ، ثم (GMT) بثبت موقع M (متوسط الشمس) ، وأن (R=10h 47m 06.8s) ، وعليه فسنلن (AMS=22h 47m 06.8s) بثبت Y. أيضا فلن المطلع المستقيم (RA) بثبت موقع S (بولارس).

∴ YG' = 24h - (AMS + GMT) = 0h 39m 23.3s
LHA (h) = ZS = 12h - YG' - RA = (خط الطول) - RA
= 8h 01m 40s W = 120° 25' 00" W

ويمكن الآن حل المثلث الفلكي الناتج <شكل 47-4> بقانون الجيوب؛

$$\sin A = \frac{\sin h \sin(90^\circ - \delta)}{\sin(90^\circ - H)} = \frac{\sin h \cos \delta}{\cos H}$$

$$\therefore \sin A = \frac{\sin 120^\circ 25' 00'' \times \cos 89^\circ 04' 52''}{\cos 43^\circ 43' 00''} = 0.019135$$

∴ A=01° 05' 47" (غرب الشمال وكما هو معرف بالـ (LHA))

من الزوايا الأفقية المعطاة ؛ الهدف المرجعي يساوي (66°26'15") باتجاه عقرب الساعة من النجم <شكل 47-4>.

إذن سمت الهدف المرجعي (RT):
 $= 66^{\circ}26'15'' - 01^{\circ}05'47'' = 65^{\circ}20'28''$

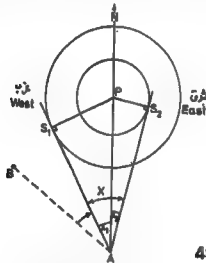
مثال 4-21؛ رصد نجمان بحالة استقامة من المحطة A الواقعة على خط عرض شمالي وكما يلي:

النجم	الميل	الزاوية من (AB) باتجاه عقرب الساعة
S_1	+ 56 40 50 (في الغرب)	$20^{\circ}10'19''$
S_2	+ 76 07 48 (في الشرق)	$104^{\circ}17'10''$

أوجد سمت (AB) ومن ثم أوجد خط العرض، (جامعة لندن)

الحل

حيث لم يعط خط العرض في السؤال فإنه من غير الممكن إيجاد سمت النجمين من $(\sin Z = \cos \delta / \cos \phi)$ وإيجاد متوسطهما، وتتبع الطريقة التالية لأنها تستبعد، وعليه فهي لا تتأثر بالخطأ الموجود في ϕ وهي إذن أكثر ضبطاً. وهذه الحالة هي مبيّنة في الشكل 4-48.



شكل 4-48

$$\sin A_1 = \cos \delta_1 / \cos \phi \quad \sin A_2 = \cos \delta_2 / \cos \phi$$

$$\therefore \sin A_1 / \sin A_2 = \cos \delta_1 / \cos \delta_2 = K \quad (\text{كمية ثابتة معلومة})$$

$$A_1 + A_2 = X$$

$$\sin A_1 = \sin(X - A_2) = \sin X \cos A_2 - \cos X \sin A_2$$

$$\sin A_1 = K \sin A_2$$

$$\therefore K = \sin X \cot A_2 - \cos X$$

$$\therefore \cot A_2 = \frac{K + \cos X}{\sin X}$$

والآن :

ثم :

ولكن :

ونكن:

$$K = \frac{\cos 56^\circ 40' 50''}{\cos 76^\circ 07' 48''} = 2.291453$$

ومن الشكل 4-48: $\chi = 104^\circ 17' 10'' - 20^\circ 10' 19'' = 84^\circ 06' 51''$

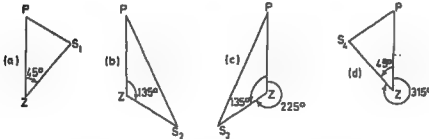
$$\therefore \cot A_2 = \frac{2.291453 + \cos 84^\circ 06' 51''}{\sin 84^\circ 06' 51''}$$

، $A_2 = 22^\circ 33' 48''$ (سمت S_2)إذن سمت (AB): $= 22^\circ 33' 48'' - 104^\circ 17' 10'' = 278^\circ 16' 38''$

مثال 4-22: تفترض رصد أربعة نجوم من موقع ذي خط عرض 52° شمالا وخط طول 1° غربا لتثبيت خط موقع POSITION LINE. بفترض بأن لكل من النجوم ارتفاع بفتر من 50° وأن سموتهم هي 45° و 135° و 225° و 315° تقريبا. فإذا افترض بأن وقت الرصد كان حوالي الساعة 01 GMT) عندما كانت القيمة التقريبية لـ $(R = (GST - GMT))$ حوالي $(8h 34m)$. اوجد الميبل 8 الذي اقرب درجة والمطلع المستقيم للنجوم التي اقرب 5 دقائق. إن لاقرب نجم ملائم للرصد الجنوبية الشرقية مطلع مستقيم مقداره $(11h 12m)$ وميل $(20^\circ 44' N)$. فسي أي (GMT) تقريبا سيكون ارتفاعه 50° وماذا سيكون سمته التقريبي؟

تعتبر درجة الضبط ACCURACY بثلاثة ارقام ملائمة في هذا السؤال.

الحل



شكل 4-49

إن (الشكل 4-49) يوضح سموت النجوم الاربعة وبجانب بيان حل المثلث الفلكي سيكون متشابهها للنجمين S_1 و S_4 وايضا للنجمين S_2 و S_3 . وبالإضافة إلى ذلك فإن خط العرض والارتفاع قد أعطيا ، وعليه ، فمن قانون جيب تمام:

$$\sin \delta = \sin H \sin \phi + \cos H \cos \phi \cos A$$

$$\sin \delta = \sin 50^\circ \sin 52^\circ + \cos 50^\circ \cos 52^\circ \cos 45^\circ$$

$$\therefore \delta = 19^\circ N$$

النجمان S_1 و S_4 :

$$\sin \delta = \sin 50^\circ \sin 52^\circ + \cos 50^\circ \cos 52^\circ \cos 135^\circ$$

$$\therefore \delta = 62^\circ N$$

النجمان S_2 و S_3 :

ولابجاء المطلع المستقيم ، بحجب احتساب زاوية الساعة للنجوم اولاً .

النجمان S_1 و S_4 (باستخدام المعادلة ذات الاربعة حدود) :

$$\sin A \cot h = \sin(90^\circ - \phi) \cot(90^\circ - H) - \cos(90^\circ - \phi) \cos A$$

$$\therefore \cot h = \frac{\cos 52^\circ \tan 50^\circ - \sin 52^\circ \cos 45^\circ}{\sin 45^\circ}$$

لذن h تساوي 76° اي $(5h \ 5m)$ شرقاً بالنسبة لـ S_1 و غرباً بالنسبة لـ S_4 .

$$\cot h = \frac{\cos 52^\circ \tan 50^\circ - \sin 52^\circ \cos 135^\circ}{\sin 135^\circ} \quad ; S_3 \text{ و } S_2 \text{ النجمان}$$

لذن h تساوي $(1h \ 55m)$ شرقاً بالنسبة لـ S_2 و غرباً بالنسبة لـ S_3 .

ولابجاء المطلع المستقيم ، انشئ مخطط الوقت بالطريقة الاعتيادية (شكل 4-50).

خط الطول $(4m \ W)$ بحيث Z نسبة الى G و (GMT) مقاساً باتجاه عقرب الساعة من الجهة المقابلة ANTIPODES بحيث M ، و $(R=8h \ 34m)$ ، وهكذا فلن $(RAMS=20h \ 34m)$ التي تفيد في تعيين موقع T ، أما بالنسبة للنجم S_1 ، فلن (LHA) ذات القيمة $(5h \ 5m)$ شرقاً مقاسة من Z ستثبت S_1 ، وغلبه فلن المطلع المستقيم لـ S_1 هي الزاوية المقاسة بعكس اتجاه عقرب الساعة من T .

$$MZ = 11h \ 4m$$

$$\therefore ZT = RAMS - MZ = 9h \ 30m$$

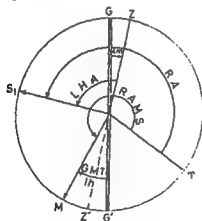
$$= ZT + LHA = 14h \ 35m \quad ; S_1 \text{ يساوي}$$

وحيث ان (LHA) لـ S_4 تساوي $(5h \ 5m)$ غرباً فلن المطلع المستقيم لـ S_4 :

$$= 14h \ 35m - 10h \ 10m = 4h \ 25m$$

يمكن تثبت النجمان S_2 و S_3 على الشكل باستخدام زاوية الساعة لكل منهما .

$$\therefore RA \text{ of } S_3 = 11h \ 25m \quad RA \text{ of } S_2 = 7h \ 35m$$



شكل 4-50

لإذن المطلع المستقيم لـ S_2 يساوي (11h 25m) والمطلع المستقيم لـ S_3 يساوي (7h 35m).
في الجزء الثاني من السؤال تتغير قيمة δ بالنسبة لـ S_3 :

$$\cos A = \frac{\sin \delta - \sin H \sin \phi}{\cos H \cos \phi} = \frac{\sin 20^\circ 44' - \sin 50^\circ \sin 52^\circ}{\cos 50^\circ \cos 52^\circ}$$

$$\therefore A = 129^\circ$$

$$\cos h = \frac{\sin 50^\circ - \sin 20^\circ 44' \sin 52^\circ}{\cos 20^\circ 44' \cos 52^\circ} \quad \therefore h = 2 \text{ h } 05 \text{ m E}$$

ويجب على الطالب محاولة عمل مخطط وقت لنفسه باستخدام $(h=2\text{h } 05\text{m})$ و $(RA=11\text{h } 12\text{m})$ و $(R=8\text{h } 34\text{m})$ معطياً بذلك $(GMT=0\text{h } 37\text{m})$.

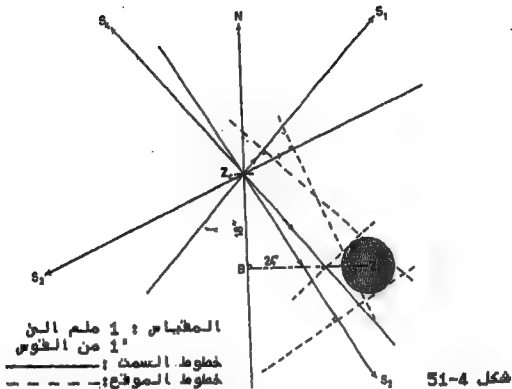
مثال 4-23: أخذت رصدات على أربعة نجوم لتعيين خط عرض وخط طول محطة كان موقعها المفترض $(50^\circ 30')$ شمالاً و $(104^\circ 37')$ غرباً. وقد احتسبت السموت والارتفاعات لأوقات الرصد على الأساس الموقع المفترض، وهذه القيم هي مدرجة أدناه مع الارتفاع المقاس. صحح الارتفاع المقاس باستخدام جدول الانكسار. ثم ارسم على ورق جيباني خطوط الموقع ومن ثم قدر خط العرض وخط الطول لهذه المحطة.

الارتفاع المرصود	الارتفاع المحتسب	السمت المحتسب	النجم
53 28 30	53 27 41	042 15	1
48 12 16	48 10 51	148 10	2
49 22 03	49 21 24	245 45	3
54 59 52	54 59 35	319 30	4

الارتفاع النجم، الانكسار	47° 55'	48° 28'	49° 01'	49° 33'	50° 10'	50° 45'	51° 21'
	52	51	50	49	48	47	
الارتفاع النجم، الانكسار	51° 21'	51° 58'	52° 35'	53° 12'	53° 50'	54° 29'	55° 09'
	46	45	44	43	42	41	

الحل (جامعة لندن)

ملاحظات	الفرق	الارتفاع المحتسب	الارتفاع المرصود	الارتفاع المرصود	الارتفاع المرصود
باتجاه النجم +	باتجاه النجم -	باتجاه النجم +	باتجاه النجم -	باتجاه النجم +	باتجاه النجم -
53 28 30	43	53 27 47	53 27 41	53 28 30	43
48 12 16	52	48 11 24	48 10 51	48 12 16	52
49 22 03	50	49 21 13	49 21 24	49 22 03	50
54 59 52	41	54 59 11	54 59 35	54 59 52	41



4-8 اوجد متوسط وقت كرنج (GMT) التقريبي الذي سيميل فيه نجم ميله ($29^{\circ}50'N$) ومطلع المستقيم ($8h\ 38m\ 36s$) ارتفاعا مصححا مقداره 30° على الجانب الشرقي من خط الزوال بخط عرض مقداره ($52^{\circ}10'N$) وخط طول ($1h\ 30mE$) عندما يكون (GST) لـ (GMM) مساويا ($1h\ 25m\ 15s$) .
(جامعة لندن)

[الجواب : $0h\ 29m\ 44s$]

4-9 باستخدام المعادلة المعطاة (او اية معادلة اخرى تعرفها) والمعلومات المدرجة ادناه ، اوجد سمت (RO) من موقع الراصد :

متوسط الارتفاع المرصود H للطرف السفلي للشمس في السماء الشرقية يساوي ($30^{\circ}51'43''$) وخط العرض هو يساوي ($51^{\circ}24'00''N$) ، والمجلد يساوي ($5^{\circ}30'00''N$) و ($P=90^{\circ}-\delta$) والتصحیح عن انكسار يساوي ($1^{\circ}14'$) والتصحیح عن نصف القطر يساوي ($15'24''$) والتصحیح عن اختلاف النظر يساوي 7° والزاوية الافقية المقاسة باتجاه عقرب الساعة من (RO) الى الشمس تساوي ($86^{\circ}40'30''$) .

المعادلة هي :
 $\tan \frac{1}{2}A = [\sec s \sin(s-H) \sin(s-\phi) \sec(s-P)]^{\frac{1}{2}}$
حيث ان ($s = \frac{1}{2}(H + \phi + P)$)
(جمعية المهندسين المدنيين البريطانية)

[الجواب : $77^{\circ}10'24''$]

4-10 اشرح - باستخدام مخطط - كيف تعلم ان نجم ما سيكون في حالة استتالة عند النظر اليه من خط عرض معين .

نجم ميله ($61^{\circ}57'24''$) شمالا ، رصد بالاستتالة الشرقية من النقطة A التي هي على خط عرض ($43^{\circ}58'12''$) شمالا ، وكانت الزاوية الافقية من النجم الى النقطة B باتجاه عقرب الساعة عند الاستتالة مساويا ($83^{\circ}12'12''$) .
جد سمت B من A. (جمعية المهندسين المدنيين البريطانية)
[الجواب : $123^{\circ}59'23''$]

4-11 اخذت القراءات التالية من محطة على خط الطول ($6^{\circ}30'00''$) غربا .

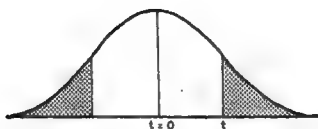
متوسط وقت كرنج (GMT)	متوسط الارتفاع	متوسط الزاوية الافقية	اتجاه الرصد
H M S			
RO	246 18 32		
بولارس	13 37 40	55 08 20	23 44 52.1

وكانت قيمة R في وقت الرصد - مأخوذة من التفويم النجمي - تساوي ($8h\ 31m\ 21.4s$) ، وكان المطلع المستقيم ($2h00m16.1s$) وميل بولارس ($89^{\circ}07'03''N$) .

طبق تصحيح انكسار قيمته $41''$ على الارتفاع ، ثم

الملحق

الجدول ٨ - ١

توزيع t للطالب

α or DF	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$
1	12.706	63.657
2	4.303	9.925
3	3.182	5.841
4	2.776	4.604
5	2.571	4.032
6	2.447	3.707
7	2.365	3.499
8	2.306	3.355
9	2.262	3.250
10	2.228	3.169
11	2.201	3.106
12	2.179	3.055
13	2.160	3.012
14	2.145	2.977
15	2.131	2.947
16	2.120	2.921
17	2.110	2.898
18	2.101	2.876
19	2.093	2.861
20	2.086	2.845
21	2.080	2.831
22	2.074	2.819
23	2.069	2.807
24	2.064	2.797
25	2.060	2.787
26	2.056	2.779
27	2.052	2.771
28	2.048	2.763
29	2.045	2.756
30	2.042	2.750
40	2.021	2.704
60	2.000	2.660
120	1.980	2.617
∞	1.960	2.576

الجدول أ - 2

توزيع (F) : مستوى معنوية (1%)

	درجات الحرية للبسط								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	4052	5000	5403	5625	5764	5839	5928	5982	6023
2	98.5	99.0	99.2	99.2	99.3	99.3	99.4	99.4	99.4
3	34.1	30.8	29.5	28.7	28.2	27.9	27.7	27.5	27.3
4	21.2	18.0	16.7	16.0	15.5	15.2	15.0	14.8	14.7
5	16.3	13.3	12.1	11.4	11.0	10.7	10.5	10.3	10.2
6	13.7	10.9	9.78	9.13	8.73	8.47	8.26	8.10	7.98
7	12.2	9.35	8.45	7.83	7.46	7.19	6.99	6.84	6.72
8	11.3	8.65	7.59	7.01	6.63	6.37	6.18	6.03	5.91
9	10.6	8.02	6.99	6.42	6.06	5.80	5.61	5.47	5.35
10	10.0	7.56	6.55	5.99	5.64	5.39	5.20	5.06	4.94
11	9.63	7.21	6.22	5.67	5.32	5.07	4.89	4.74	4.63
12	9.33	6.93	5.95	5.41	5.06	4.82	4.64	4.50	4.39
13	9.07	6.70	5.74	5.21	4.86	4.62	4.44	4.30	4.19
14	8.86	6.51	5.56	5.04	4.70	4.46	4.28	4.14	4.03
15	8.68	6.36	5.42	4.89	4.56	4.32	4.14	4.00	3.89
16	8.53	6.23	5.29	4.77	4.44	4.20	4.03	3.89	3.78
17	8.40	6.11	5.19	4.67	4.34	4.10	3.93	3.79	3.68
18	8.29	6.01	5.09	4.58	4.25	4.01	3.84	3.71	3.60
19	8.19	5.93	5.01	4.50	4.17	3.94	3.77	3.63	3.52
20	8.10	5.85	4.94	4.43	4.10	3.87	3.70	3.56	3.46
21	8.02	5.78	4.87	4.37	4.04	3.81	3.64	3.51	3.40
22	7.95	5.72	4.82	4.31	3.99	3.76	3.59	3.45	3.35
23	7.88	5.66	4.76	4.26	3.94	3.71	3.54	3.41	3.30
24	7.82	5.61	4.72	4.22	3.90	3.67	3.50	3.36	3.26
25	7.77	5.57	4.68	4.18	3.86	3.63	3.46	3.32	3.22
30	7.56	5.39	4.51	4.02	3.70	3.47	3.30	3.17	3.07
40	7.31	5.18	4.31	3.83	3.51	3.29	3.12	2.99	2.89
60	7.08	4.98	4.13	3.65	3.34	3.12	2.95	2.82	2.72
120	6.85	4.79	3.95	3.48	3.17	2.96	2.79	2.66	2.56
∞	6.63	4.61	3.78	3.32	3.02	2.80	2.64	2.51	2.41

درجات الحرية للخطأ

الجدول 3 - أ

نوع (F) : مستوى معنوية (5%)

	درجات الحرية البسط									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	161	200	216	225	230	234	237	239	241	242
2	18.5	19.0	19.2	19.3	19.3	19.3	19.4	19.4	19.4	19.4
3	10.1	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.18	2.09	2.02	1.96	1.91
∞	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.83

درجات الحرية المقسم

الجدول 4 - أ

توزيع مربع كاي (χ^2)
اختبارات الذيل الواحد

DF	مستويات المعنوية	
	5 per cent	1 per cent
1	3.841	6.635
2	5.991	9.210
3	7.815	11.345
4	9.488	13.277
5	11.070	15.086
6	12.592	16.812
7	14.067	18.475
8	15.507	20.090
9	16.919	21.666
10	18.307	23.209
11	19.675	24.725
12	21.026	26.217
13	22.362	27.688
14	23.685	29.141
15	24.996	30.578
16	26.296	32.000
17	27.587	33.409
18	28.869	34.805
19	30.144	36.191
20	31.410	37.566
21	32.671	38.932
22	33.924	40.289
23	35.172	41.638
24	36.415	42.980
25	37.652	44.314
26	38.885	45.642
27	40.113	46.963
28	41.337	48.278
29	42.557	49.588
30	43.773	50.892

الجدول 5 - أ

توزيع مربع كاي (χ^2)
اختبارات الذيل الواحد

DF	مستويات المعنوية	
	5 per cent	1 per cent
1	0.0 ² 393	0.0 ² 157
2	0.103	0.0201
3	0.352	0.115
4	0.711	0.297
5	1.145	0.554
6	1.635	0.872
7	2.167	1.239
8	2.733	1.646
9	3.325	2.088
10	3.940	2.558
11	4.575	3.053
12	5.226	3.571
13	5.892	4.107
14	6.571	4.660
15	7.261	5.229
16	7.962	5.812
17	8.672	6.408
18	9.390	7.015
19	10.117	7.633
20	10.851	8.260
21	11.591	8.897
22	12.338	9.542
23	13.091	10.196
24	13.848	10.856
25	14.611	11.524
26	15.379	12.198
27	16.151	12.879
28	16.928	13.565
29	17.708	14.256
30	18.493	14.953

الجدول ٨ - 6

توزيع مربع كاي (X²)
اختبارات الذيلين

$\sigma = \sigma_0$ فرضية العدم
 $\sigma \neq \sigma_0$ فرضية أخرى

DF	مستويات المعنوية	
	5 per cent	1 per cent
1	0.00982	5.024
2	0.0506	7.378
3	0.216	9.348
4	0.484	11.143
5	0.831	12.833
6	1.237	14.449
7	1.690	16.013
8	2.180	17.535
9	2.700	19.023
10	3.247	20.483
11	3.816	21.920
12	4.404	23.337
13	5.009	24.736
14	5.629	26.119
15	6.262	27.488
16	6.906	28.845
17	7.564	30.191
18	8.231	31.526
19	8.907	32.852
20	9.591	34.170
21	10.283	35.479
22	10.982	36.781
23	11.689	38.076
24	12.401	39.364
25	13.120	40.646
26	13.844	41.923
27	14.573	43.194
28	15.308	44.461
29	16.047	45.722
30	16.791	46.979

الرموز المستخدمة في الكتاب

الرمز	المقصود باللغة الانكليزية	المقصود باللغة العربية
AOD	ABOVE ORIGINANCE DATUM	فوق الاسناد المساحي
AT	APPARENT TIME	الوقت الظاهري
BIH	BUREAU INTERNATIONALE DE L'HEUR	مكتب الوقت العالمي
DF	DEGREES OF FREEDOM	درجة الحرية (في الاحصاء)
DTI	DEPARTMENT OF TRADE AND INDUSTRY	قسم التجارة والصناعة البريطاني
DUT1	DISCREPANCY BETWEEN UTC AND UT	الفرق بين الوقت العالمي الموحد والوقت العالمي
EDM	ELECTROMAGNETIC DISTANCE MEASUREMENT	قياس المسافة الكرومغناطيسية
ET	EQUATION OF TIME	معادلة الوقت
FL	FACE LEFT	رصدية وجه يسار
FR	FACE RIGHT	رصدية وجه يمين
GAT	GREENWICH APPARENT TIME	وقت كرنج الظاهري
GC(P)	GROUND CONTROL POINT	نقطة الضبط الارضي
GHA	GREENWICH HOUR ANGLE	زاوية ساعة كرنج
GMM	GREENWICH MEAN MIDNIGHT	متوسط نصف ليل كرنج
GMN	GREENWICH MEAN NOON	متوسط ظهر كرنج
GMT	GREENWICH MEAN TIME	متوسط وقت (توقيت) كرنج
GST	GREENWICH SIDEREAL TIME	وقت كرنج النجمي
HA	HOUR ANGLE	زاوية الساعة
IAG	INTERNATIONAL ASSOCI- ATION OF GEODOSY	الجمعية العالمية لعلوم شكل الارض (الجيودوسيا)
ICE	INSTITUTION OF CIVIL ENGINEERS	جمعية المهندسين المدنيين البريطانية
KP	KINGSTON POLYTECHNIC	بوليتكنيك كينغزتون
LAT	LOCAL APPARENT TIME	الوقت الظاهري المحلي
LHD	LEFT HAND DOT	النقطة اليسرى
LMN	LOCAL MEAN NOON	متوسط الظهر المحلي
LMT	LOCAL MEAN TIME	متوسط الوقت المحلي
LSF	LOCAL SCALE FACTOR	معامل المقاييس المحلي
LST	LOCAL SIDEREAL TIME	الوقت النجمي المحلي
LS T	LOCAL STANDARD TIME	الوقت المعياري المحلي
LU	LONDON UNIVERSITY	جامعة لندن
MCP	MINOR CONTROL POINT	نقطة الضبط الثانوية
MPV	MOST PROBABLE VALUE	القيمة الأكثر احتمالاً
MSF	DROITWICH/RUGBY RADIO CALL SIGN	إشارة نداء مذبذب درويتويج / راديوي
MSL	MEAN SEA LEVEL	متوسط مستوي سطح البحر
MT	MEAN TIME	متوسط الوقت
NG	NATIONAL GRID	المشبك الوطني

NPL	NATIONAL PHYSICAL LABORATORY	مختبر الفيزياء البريطاني الوطني
OD	ORDINANCE DATUM	الاسناد المساحي
PP	PRINCIPAL POINT	النقطة الرئيسية
PPM	PARTS PER MILLION	جزء واحد من المليون
RA	RIGHT ASCENSION	المطلع المستقيم
RAMS	RIGHT ASCENSION OF THE MEAN SUN	المطلع المستقيم لمتوسط الشمس
RHD	RIGHT HAND DOT	النقطة اليميني
RL	REDUCED LEVEL	المنسوب
RO	REFERENCE OBJECT	الجسم المرجعي او جسم الاسناد
RT	REFERENCE TARGET	الهدف المرجعي او هدف الاسناد
S P	SCALE POINT	نقطة المقاييس
SE	SCALE ERROR	خطأ المقاييس
SF	SCALE FACTOR	معامل المقاييس
ST	SIDEREAL TIME	الوقت النجمي
TMP	TRANSVERSE MERACTOR PROJECTION	الاسقاط المبركاتوري العرضي
TP	TIE POINT	نقطة الربط
UK	UNITED KINGDOM	المملكة المتحدة
UT	UNIVERSAL TIME	الوقت (التوقيت) العالمي
UTC	CO-ORDINATED UNIVERSAL TIME	الوقت (التوقيت) العالمي الموحد

<<<<<<<<<<<<<<>>>>>>>>>>>>>>>>>

A

ACCURATE	مضبوط
ACCURACY	درجة الضبط
ACCIDENTAL ERROR	الخطأ العفوي
ACCOMODATION	تكيف العين
ABERRATION	الزيف
ADAPTATION	ملاءمة العين
AIR BASE	خط القاعدة الجوي (القاعدة الجوية)
AERIAL PHOTOGRAMMETRY	المسح التصويري الجوي
ANGLE OF DEPRESION	زاوية الانخفاض
ANGLE OF ELEVATION	زاوية الارتفاع
AERIAL CAMERA	الكاميرا التصوير الجوية
AERIAL PHOTOGRAPH	الصورة الجوية
AERIAL PHOTOGRAPHY	عملية التصوير الجوي
AERIAL TRIANGULATION	التثليث (بقياس الزوايا) الجوي
ARITHMETIC MEAN	الوسط الحسابي
AXIS OF TILT	محور الميل
ANTIPODE	الجهة المقابلة أو الطرف المقابل على الكرة الأرضية أو القطب السماوية بالنسبة لموقع ما عليها
AZIMUTH ERROR	خطأ التسمات
ADJUSTMENT	تنظيم أو تعديل
ASSOCIATION	لفتران أو ترابط (في الاحصاء)
ALTITUDE	الارتفاع أو زاوية الارتفاع
APRIORI ESTIMATE	التقدير الابتدائي
APOSTERIORI ESTIMATE	التقدير النهائي

B

BASE LINE	خط القاعدة
BIAS	منحاز أو انحياز (في الاحصاء)
BACK SIGHT (BS)	تسوية خلفية

C

CHECK BASE LINE	خط قاعدة تحقيقي
CERTAINTY	وثوق (في الاحصاء)
CONFIDENCE	ثقة (في الاحصاء)
CONFIDENCE INTERVAL	فترة الثقة
CONFIDENCE LIMITS	حدود الثقة
COMPENSATING ERRORS	أخطاء تعويضية
CONTROL SURVEYS	مسوحات الضبط
CRUDE HEIGHT	الارتفاع الابتدائي أو التقريبي

CONTINGENCY TABLE	جدول الطوارئ (في الاحصاء)
CORRELATION	الارتباط
CORRELATIVE	معامل الارتباط
CORRELATIVE ACCURACY	درجة ضبط معامل الارتباط
COVARIANCE (CO-VAR)	التباين المشترك
CENTRING	ضبط المركزية
COORDINATO-GRAPH	جهاز رسم الاحداثيات
CRABBING	زحف الصورة
CONTACT PRINTING	طبوع الصور بالتلامس
CONTOUR LINE	خط الكفاف (جمع: الكفة)
CONTOUR INTERVAL	فترة الكفاة
CULMINATION	تكبد
CUMULATIVE ERRORS	اخطاء تراكمية
CHI-SQUARE()TEST	لختبار مربع كاي

D

DEGREES OF FREEDOM (DF)	درجة حرية (في الاحصاء)
DATA	معطيات
DEPENDENT	غير مستقل
DEPARTURE	البعد السيني
DIAPOSITIV	صفحة الصورة الزجاجية
DIGITAL GROUND MODEL (DGM)	النموذج الرقمي الارضي
DATUM	الاسناد
DOPPLER EFFECT	تأثير دوبلر
DIRECTION OF DIP	اتجاه ميل الطبقة
DOUBLE CUTTING POINT	نقطتي التقاطع
DECLINATION	الميل
DEFLECTION	الانحراف
DEVIATION	الانحراف (في الاحصاء)
DISTRIBUTION CURVE	منحنى التوزيع (في الاحصاء)
DISTOMAT	جهاز قياس المسافة الكترومغناطيسيا
DIAGONAL MATRIX	مصفوفة قطرية
DIAGONAL WEIGHTED MATRIX	مصفوفة قطرية موزونة

E

EIGENVALUES	القيم النوعية
ELEVATION	الارتفاع او زاوية الارتفاع
ECCENTRICITY ERROR	خطا الانحراف
ELONGATION	الاستطالة
EXPONENTIAL FUNCTION	دالة اسيية
EASTING	تثقيب
EYE BASE	القاعدة في العين (في المسح التصويري)
EVIDENCE	دليل (في الاحصاء)
ELLIPSE	القطع الناقص او الاهليج او الشكل البيضي

F

FILM	الرقاقة الحساسة
------	-----------------

FIDUCIAL AXES	محورا لاسناد الصورة الجوية
FIDUCIAL MARKS	علامتا لاسناد الصورة الجوية
FILM FLATENING DEVICES	معدات تسوية الرقيقة الحساسة
FILM MAGAZINE	حاوية الرقيقة الحساسة
FLOATING MARK	العلامة العائمة
FILM FORMAT	ابعاد (او حجم) الرقيقة الحساسة
FLYING HEIGHT	ارتفاع الطيران
FREQUENCY DISTRIBUTION	التوزيع التكراري
FALL	إنحدار
FLUCTUATION	تذبذب او تراوح
FACE LEFT (FL) OBSERVATION	قراءة وجه يسار
FACE RIGHT (FR) OBSERVATION	قراءة وجه يمين
FORE SIGHT (FS)	تسوية امامية (او قراءة امامية)

G

GEIOD	السطح الارضي
GRATICULE	شبكة المين
GRAPHIC	تخطيطي
GEODOMETER	مطوال جديسي (لسطح الارض)
GEODETIC SURVEYING	مسح جديسي (لسطح الارض)
GEOPHONE	مسماع الزلازل
GROUP REFRACTIVE INDEX	دليل انكسار المجموعة
GROSS ERROR	خطأ كبير (او غلطة)
GOODNESS OF FIT	جودة التطابق
GREAT CIRCLE	الدائرة العظمى
GROUND CONTROL	الضبط الارضي
GROUND CONTROL SURVEYS	مسوحات الضبط الارضي
GRAPHICAL RECTIFICATION	التعديل التخطيطي
GRAPHICAL INTERPOLATION	الطريقة التخطيطية لحسابات تصحيح الاحداثيات

H

HYPOTHESES	فرضيات
HYPOTHESIZED MEAN	الوسط المفترض
HORIZONTAL CONTROL POINTS	نظام ضبط اتفية
HORIZON	الافق
HYDROGRAPHY	المسح المائي

I

IMAGE	شبح
ISOCENTRE	المركز المشترك
ISOMETRIC PARALLEL	محور المثل
INTERSECTION	التقاطع او التقاطع الامامي
INDEX	دليل او مؤشر
INTERCEPT	مقطع

L

LATITUDE	خط العرض او الجعد الصادي
LONGITUDE	خط الطول
LEAST SQUARES	قاعدة المربعات الصغرى
LIMB	طرف الشمس او النجم
LATERAL DISPLACEMENT	الازاحة الجانبية
LATERAL OVERLAP	التداخل الجانبي
LINE OF MAXIMUM TILT	خط اقصى ميل
LONGITUDINAL OVERLAP	تداخل طولي

M

MEAN VALUE	متوسط القيمة
MEAN	الوسط او الوسط الحسابي او المعدل
MEAN ERROR	متوسط الخطأ
MATRIX	المصفوفة
MOST PROBABLE VALUE (MPV)	القيمة الأكثر احتمالا
MOSAIC	مراشط الموزائيك

N

NADIR	المنظير
NATIONAL GRID (NG)	الشبكة الوطنية
NEGATIVE	الرفيعة السالبة
NODAL POINT	نقطة تدوير الاتجاه او عقدة
NORMAL DISTRIBUTION	التوزيع الطبيعي (في الاحصاء)
NORMAL PROBABILITY	الاحتمال الطبيعي (في الاحصاء)
NULL HYPOTHESIS	فرضية العدم (في الاحصاء)

O

ORTHOGRAPHIC PROJECTION	الاسقاط المتعامد
OPTICAL AXIS	المحور البصري
ORTHOPHOTOMAPS	الفراشط المنتجة من الصور الجوية
	المعدلة عن الميل والتضاريس الارضية
OBSERVATION EQUATIONS	معادلات الرصد

P

PARAMETERS	معالم او مكونات
PARTIAL DIFFERENTIATION	التفاضل الجزئي
PERIOD	دورة او فترة زمنية
PHOTOGRAPH	الصورة
PRINT	الصورة المطبوعة او الرفيعة
	السالبة المطبوعة
PANOCHROMATIC	أحادية اللون
POPULATION	المجتمع (في الاحصاء)
POPULATION MEAN	وسط المجتمع (في الاحصاء)
PERCENTAGE ERROR	الخطأ المئوي

PARALLAX	إختلاف النظر
PARALLACTIC ANGLE	زاوية إختلاف النظر
PARALLAX BAR	قضيب إختلاف النظر
PHOTO AXIS	محور الصورة
PHOTO BASE	خط قاعدة الصورة
PHISICAL SURFACE	السطح الفيزيائي
PHOTOGRAMMETRY	المسح التصويري
PHOTOGRAPHY	التصوير
PLUMB POINT	نقطة الشاقول (في الصورة الجوية)
PLUMB LINE	خط الشاقول (في الصورة الجوية)
PRECISION	الدقة
PROBABILITY	الاحتمال
PROBABILITY DENSITY FUNCTION	دالة كثافة الاحتمال
PRINCIPAL POINT (PP)	النقطة الرئيسية
PRINCIPAL PLANE	المستوى الرئيس
PRINCIPAL LINE	الخط الرئيس
PRINCIPAL AXIS	المحور الرئيس
PRINCIPAL DISTANCE	البعد الرئيس
PROJECTOR	المسلاط
PHOTO THEODOLITE	مزواة التصوير
PARTIAL RECTIFICATION	التعديل الجزئي
PARABOLA	القطع المكافئ
POLARIZED	مستقطب
POLE	القطب

R

REDUNDANT	إضافي أو فائض
REFRACTION INDEX	دليل الانكسار
RANDOM ERRORS	الأخطاء العشوائية
RELATIVE ERROR	الخطأ النسبي
RESIDUAL ERROR	الخطأ المتبقي (المتراكم)
RELIABILITY	الاعتماد أو درجة الاعتماد
REFERENCE MARK	علامة إرسناد
RELATIVE ORIENTATION	التوجيه النسبي
RELIEF DISPLACEMENT	الازاحة الناتجة عن التضاريس الأرضية (في الصورة الجوية)
REMOTE SENSING	التحسس النائي
RESIDUAL PARALLAX	إختلاف النظر المتبقي (المتراكم)
RETINA	شبكة العين

S

SYSTEMATIC ERRORS	الأخطاء النظامية
SAMPLE	عينة
SATELLITE	محطة تابعة أو قمر صناعي
SIGNIFICANT	معنوي (في الاحصاء)
SIGNIFICANCE	معنوية (في الاحصاء)
SCATTER	إنتشار
SLIDE	الرفيقة الموجبة

SPAN	مسافة (بمعنى مسافة)
STANDARD	معياري
STANDARD DEVIATION	الانحراف المعياري
STANDARD ERROR	الخطأ المعياري
STANDARD NORMAL CURVE	المنحنى الطبيعي المعياري
SIGNIFICANT FIGURE	رقم معنوي
SYMMETRICAL	متماثل
STRAINING MASS	كتلة الاجهاد
SPHEROID OF REFERENCE	السطح الكروي للاسناد
SWING	الانحناء (أو البرم)
STEREO	مجسم
STEREO MODEL	النموذج المجسم
STEREO PAIR	زوج الصور التجسمي
SPATIAL MODEL	النموذج الفراغي (في التصوير الجوي)
STRIP	شريط (أو خط) طيران
SLOT	خزيرم
SLOTTED TEMPLATE ASSEMBLY	تركيب القالب الرقبي
	المفرد (في التصوير الجوي)

T

TRIANGULATION	التخليل بقياس الزوايا
TRILATERATION	التخليل بقياس الاضلاع
TRIANGULATERATION	التخليل بقياس الزوايا والاضلاع
TILT	الميل
TEMPLÉT	قالب رقبي
TERRESTRIAL PHOTOGRAMMETRY	المسح التصويري الارضي
TRIGONOMETRICAL LEVELING	التسوية المثلثية
TRANSVERSE MERACTOR	الاسقاط المبركاتوري العرضي
PROJECTION	

U

UNBIASED	غير منحاز
UNIT VARIANCE	وحدة التباين

V

VERTICAL AXIS	المحور الشاقولي
VERTICAL CIRCLE	الدائرة العمودية للمزواة
VARIANCE	التباين
VAR-COVAR MATRIX	مصفوفة التباين - التباين المشترك

W

WEIGHTED MEAN	الوسط الموزون
WEIGHTED MATRIX	المصفوفة الموزونة

Z

ZENITH	السمت أو زاوية السمت أو سمت الرأس
--------	-----------------------------------

دليل للمصطلحات العربية

٦

ALTITUDE	الارتفاع
CRUDE HEIGHT	الارتفاع الابتدائي أو التقريبي
CORRELATION	الارتباط
DEVIATION	الانحراف (في الاحماء)
ELEVATION	الارتفاع (أو زاوية الارتفاع)
ELONGATION	الاستطالة (في علم الفلك)
PARALLAX	اختلاف النظر
CONFEDENCE	الاعتماد (أو درجة الاعتماد)
RESIDUAL PARALLAX	اختلاف النظر المتبقي (أو المتراكم)
SCATTER	الانتشار
SWING	الانحناء (في المسح الجوي)

٧

ACCOMODATION	تكيف العين
TRIANGULATION	التثليث
APRIORI ESTIMATE	التقدير الابتدائي
APOSTERIORI ESTIMATE	التقدير النهائي
COVARIANCE	التباين المشترك
CULMINATION	التكبد
FREQUENCY DISTRIBUTION	التوزيع التكراري
FLUCTUATION	التذبذب
GRAPHICAL RECTIFICATION	التعديل الخطي
PARTIAL RECTIFICATION	التعديل الجزئي
RELATIVE ORIENTATION	التوجيه النسبي

٨

CONTINGENCY TABLE	جدول الطوارئ
GOODNESS OF FIT	جودة التطابق

٩

CONFIDENCE LIMITS	حدود الثقة
FILM FORMAT	حجم الرقطة الحساسة

١٠

AZIMNTH ERROR	خطا التسامت
BASE LINE	خط القاعدة
CHECK BASE LINE	خط قاعدة تحقيق
PHOTO BASE LINE	خط قاعدة الصورة
ECCENTRICITY ERROR	خطا الازاحة

GROSS ERROR	خطأ كبير
LATITUDE	خط العرض
PERCENTAGE ERROR	الخطأ المئوي
PLUMB LINE	خط الشاقول
RELATIVE ERROR	الخطأ النسبي

د

ACCURACY	درجة الضبط
GROUP REFRACTIVE INDEX	دليل انكسار المجموعة
PRECISION	الدقة

ر

FILM	الرقيقة الحساسة
NEGATIVE	الرقيقة السالبة
SLIDE	الرقيقة الموجبة

س

GEOID	السطح الأرضي
PHYSICAL SURFACE	السطح القبرياني
SPHEROID OF REFERENCE	السطح الكروي للاسناد
AZIMUTH OR ZENITH	السمت

ش

STRIP	شريط (أو خط) المليون
-------	----------------------

ط

CENTERING	ضبط المركزية
ACCURACY	الضبط (أو درجة الضبط)
GROUND CONTROL	الضبط الأرضي

ع

FLOATING MARK	العلامة العائمة
---------------	-----------------

ف

CONFEDENCE INTERVAL	فترة الثقة
NULL HYPOTHESIS	فرضية العدم

ق

PARALLAX BAR	قضيب إختلاف النظر
EIGNVALUES	القيم النوعية
ELLIPSE	القطع الناقص
PARABOLA	القطع المكافئ

تعريب للاصدارة الثانية

المنشورة سنة ١٩٨٤

الطبعة الاولى ١٩٩٠

حقوق النص والطبع محفوظة للمترجم

يطلب الكتابة من المترجم ص . ب ١٠٠٤٥ موصل

رقم الايداع في دار الكتب والوثائق بهنداد ١٣٦٥ لسنة ١٩٩٠

مطبعة دار المكتبة للطباعة والنشر بهنداد . ١٩٩٠

ENGINEERING SURVEYING

THEORY AND EXAMINATION PROBLEMS FOR STUDENTS

VOLUME II

SECOND EDITION

W. SCHOFIELD
A.R.I.C.S., ASSOC. I.M.E., F.G.S.,
Senior Lecturer Kingston Polytechnic

TRANSLATED TO ARABIC BY

R. L. SHAAN
B.Sc. (Eng.), Assoc. M.I.C.E. (U.K.)

Previously Lecturer at the Institute of Technology, Baghdad.

FIRST PRINT 1990

BAGHDAD

المسح الهندسي - الجزء الثاني

تحليل نظري ومسائل امتحانية للطلاب

لدرس مادة المسح الهندسي على عدة مراحل في اختصاصات هندسية متباينة والعامل المشترك بين متطلبات الطلاب المختلفة هي الحاجة الى فهم جيد للمبادئ الأساسية للمادة. ففي كل فصل من الكتاب، تم التعبير عن المبادئ الأساسية للمواضيع بشكل واضح وبسيط، وتم توضيح هذه المبادئ من خلال تطبيقها على حالات نموذجية. وتم بحث وتحليل مصادر الأخطاء بعناية، كما تمت تقوية الكتاب بتنوع واسع من الأمثلة المحولة والتمارين المأخوذة من مصادر امتحانية معروفة.

إن التغييرات الأساسية في هذه الإصدار عن التي سبقتها تشمل: طرق المصفوفات في التعديل وتحليل القوة وتقنيات احصائية حديثة بالإضافة الى الجبر الكلاسيكي. كما زادت لتغطية موضوع قياس المسافة الكرومغناطيسيا بشكل كبير والتأثيرات المترتبة على طرق المساحة. ثم التعديلات البسيطة للشبكات باستخدام حاسبة الجيب. لقد تم توسيع الفصل الخاص بالمسح التصويري ليشمل العمل على آلات التصوير واجهزة التعديل البسيطة وتأثير الاخطاء على النموذج الفراغي **SPATIAL MODEL** والمواصفات المعيارية للمسح الجوي. ثم طرق التوليف الحديثة في علم الفلك الحفلي. يعتبر كتاب المسح الهندسي - الجزء الثاني كتابا منهجيا مثاليا لمرحلة الدبلوم أو البكالوريوس اضافة الى طلبة مرحلة الدراسات العليا في الهندسة المدنية والمعمارية وهندسة المناجم والبلديات والامتحانات المهنية ذات العلاقة.

يعتبر هذا الجزء مكمل للجزء الاول الصادر باللغة العربية للمترجم سنة 1983

والمعادة طبعته سنة 1986

مطبعة دار النهضة

المحتويات - الاخطاء وتعديلاتها - مسوحات القسط - المسح التصويري - علم الفلك الحفلي

محتويات الجزء الاول - التسوية البسيطة والتسوية الدقيقة - الاعمال الترابية - المراقبة (التيودولايت) وتطبيقاتها - المنحنيات - المسح تحت الارض والمسح المائي